

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ RAČUNARSTVO

IVANA ŠKVORC

PROJEKTIRANJE I POSTAVLJANJE LOKALNE MREŽE

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2018.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ RAČUNARSTVO

IVANA ŠKVORC

PROJEKTIRANJE I POSTAVLJANJE LOKALNE MREŽE

PROJECTING AND SETTING LOCAL NETWORK

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

v.predavač, Jurica Trstenjak, dipl.ing.el.

ČAKOVEC, 2018.

ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru, višem predavaču Jurici Trstenjaku, na pomoći i savjetima tijekom izrade Završnog rada. Tvrtci Novi-Net Mobile d.o.o. iz Čakovca, zahvaljujem na ukazanom povjerenju i pomoći za realizaciju praktičnog dijela Završnog rada.

Posebno zahvaljujem mojoj obitelji i predavačima Međimurskog veleučilišta u Čakovcu na strpljenju i pomoći tijekom studiranja.

SAŽETAK

Tema Završnog rada je opisati projektiranje i postavljanje lokalne mreže na mala do srednja poduzeća koje će biti prikazano na laboratorijskom primjeru u realnom okruženju. Ujedno će biti opisane funkcionalnosti lokalne mreže, koji su mrežni uređaji i mediji za prijenos podataka potrebni za funkcioniranje mreže te koji su protokoli i uređaji za upravljanje i povezivanje komunikacijom potrebni za spajanje na lokalnu mrežu prema potrebama i zahtjevima korisnika.

Rad je podijeljen u sedam poglavlja : Uvod u lokalne mreže, Ciljevi projektiranja lokalne mreže, IEEE standardizacija, Mrežna oprema, Projektiranje lokalne mreže u Cisco Packet Tracer programu te Postavljanje lokalne mreže u realnom okruženju.

*U poglavlju **Uvod u lokalne mreže** objašnjeno je što je to lokalna mreža, koje uređaje povezuje te koja su osnovna obilježja lokalne mreže. U poglavlju **Ciljevi projektiranja lokalne mreže** navedeni su i opisani glavni ciljevi kod projektiranja lokalne mreže. Isti su definirani kao: brzina prijenosa informacija, pouzdanost i lako održavanje, prihvatljiva cijena, kompatibilnost i jednostavnost. U poglavlju **IEEE standardizacija** navedene su i opisane organizacije koji se bave standardizacijom lokalnih i bežičnih mreža. To olakšava povezivanje lokalnih mreža pomoću mrežnih mostova, omogućava dinamičko multicast filtriranje, i upravlja zagušenjima, a za te radnje je zadužen mrežni menadžment. U poglavlju **Mrežna oprema** obrađena je oprema potrebna korisniku za pristup Internetu i razmjenjivanje podataka između računala te je objašnjeno njeno funkcioniranje i podjela. U poglavlju **Projektiranje lokalne mreže** obrađena je zvjezdasta topologija lokalne mreže napravljena u Cisco Packet Tracer programu te na njoj napravljena konfiguracija mrežnih i krajnjih uređaja. U poglavlju **Postavljanje lokalne mreže u realnom okruženju** napravljen je troškovnik sukladno mrežnoj opremi korištenoj u realizaciju ovog rad, te je obrađena realizacija lokalne mreže na temelju topologije izrađene u Cisco Packet Tracer programu, navedeni su mrežni uređaji korišteni u realizaciji te je objašnjena konfiguracija napravljena na uređajima koja je potrebna da bi se korisnik povezao na Internet.*

Ključne riječi: lokalna mreža, mrežna oprema, projektiranje, Cisco Packet Tracer, simulacija, Cisco, realizacija lokalne mreže.

SADRŽAJ

ZAHVALA

SAŽETAK

1. Uvod u lokalne mreže	6
2. Ciljevi projektiranja mreže	7
3. IEEE standardizacija	9
3.1. Posebne organizacije IEEE-a za lokalne mreže	9
4. Mrežna oprema	11
4.1. Usmjerivač	12
4.2. Preklopnik	14
4.3. Mrežni most	15
4.4. Modem	16
4.5. Pristupna točka	16
4.6. Mrežna kartica	17
4.7. Kabeli, konektori i strukturno kabliranje	18
4.8. Komunikacijski ormar	20
4.9. Server	20
4.10. Patch panel	20
5. Projektiranje lokalne mreže u Cisco Packet Tracer programu	22
5.1. Cisco Packet Tracer	22
5.1.1. Grafičko sučelje Cisco Packet Tracer programa	22
5.1.2. Povezivanje lokalne mreže u Cisco Packet Tracer programu	24
5.1.3. Konfiguracija uređaja lokalne mreže u Cisco Packet Tracer programu	26
5.1.3.1. Konfiguracija usmjerivača	30
5.1.3.2. Konfiguracija preklopnika	32
5.1.3.3. Konfiguracija servera	36
5.1.3.4. Konfiguracija računala	37
5.1.4. Testiranje lokalne mreže u simulaciji	39
5.1.5. Testiranje grešaka lokalne mreže u simulaciji	44
6. Postavljanje lokalne mreže u realnom okruženju	47
6.1. Troškovnik	47
6.2. Realizacija LAN mreže	48
6.2.1. Konfiguracija Cisco usmjerivača	53
6.2.2. Konfiguracija Cisco preklopnika	57
6.2.3. Konfiguracija pristupne točke	58
6.2.4. Testiranje LAN mreže	59

7. Zaključak.....	63
LITERATURA.....	64
POPIS SLIKA	66
POPIS TABLICA.....	67
PRILOZI	67
PRILOG 1: Konfiguracija usmjerivača Router0 u CPT programu	67
PRILOG 2: Konfiguracija <i>core</i> preklopnika Switch0 u CPT programu	68
PRILOG 3: Konfiguracija Cisco usmjerivača.....	69
PRILOG 4: Konfiguracija Cisco preklopnika	72

1. Uvod u lokalne mreže

Lokalna područna mreža (engl. *Local Area Network* - LAN) je komunikacijska mreža koja međusobno povezuje krajnje uređaje i omogućuje razmjenu podataka između uređaja u ograničenom području tj. na manjem geografskom prostoru na kom je fizički locirana funkcionalna cjelina poslovnog sustava (poduzeće). U uređaje koje lokalna mreža povezuje spadaju uređaji koji mogu komunicirati preko prijenosnog medija, a nazivaju se krajnji uređaji¹ (engl. *Data Terminal Equipment* - DTE) (računala, pisači, VoIP telefoni, itd.). Uz računala, za rad mreže potrebni su mrežni uređaji koji povezuju korisničke uređaje, upravljaju protokom podataka i usmjeravaju ih na odgovarajuće mjesto najučinkovitijim putem. Povezivanje lokalnih mreža definirano je *Ethernet* protokolom².

Osnovna obilježja lokalne mreže su :

- Lokalna mreža je najčešće postavljena unutar jedne zgrade ili unutar ograničenog područja nekolicine zgrada te se zbog toga koristi pridjev lokalna u nazivu takve mreže.
- Lokalna mreža ima ograničen broj spojenih krajnjih uređaja i kreće se u rasponu od nekoliko desetaka do nekoliko stotina uređaja.
- Lokalna mreža je u većini slučajeva u vlasništvu jedne organizacije koja je također vlasnik mrežnih uređaja međusobno povezanih lokalnom mrežom.
- Koriste se velike prijenosne brzine (od 1 Mbit/s do 1 Gbit/s). [1]

Osnovna funkcija lokalne mreže je prijenos podataka velikom brzinom na malim udaljenostima (unutar jedne zgrade ili nekolicine zgrada) i namijenjena je prije svega za povezivanje radnih stanica³ (engl. *workstations*).

Umrežavanje računala posljedica je stalnog porasta razmjene podataka, a osigurava mogućnost dijeljenja zajedničkih resursa (komunikacija putem elektroničke pošte, korištenjem zajedničkog pisača, rad s istom bazom podataka). [2]

Lokalna mreža mora biti projektirana prema zahtjevima radne okoline i kad se zadovolje svi zahtjevi, postaje upotrebljivo sredstvo za razmjenu podataka i dijeljenje resursa.

¹ DTE-i korisniku omogućuju korištenje aplikacija tijekom korištenja usluga Interneta

² Ethernet protokol - skup tehnologija koje se koriste unutar lokalnih mreža

³ Radna stanica - posebna vrsta računala namijenjena za tehničke ili znanstvene primjene za izvršavanje visokozahtjevnih zadataka

2. Ciljevi projektiranja mreže

Glavni ciljevi projektiranja mreže su:

- Brzina prijenosa i širina propusnog opsega
- Pouzdanost i održavanje
- Niska cijena
- Jednostavnost
- Kompatibilnost
- Fleksibilnost i proširivost
- Standardi

Brzina prijenosa i širina propusnog opsega – fizička povezanost svih računala u lokalnoj mreži na usmjerivač⁴ (engl. *router*) ili preklopnik⁵ (engl. *switch*), najbrži je način prijenosa podataka između računala na lokalnoj mreži. Korištenje mrežnih kablova poput: *Cat5*, *Cat5e*, *Cat6*, *Cat6e*⁶, osigurat će najbolju brzinu prijenosa podataka. [1] [3] Širina propusnog opsega (engl. *bandwidth*) je brzina pristupnosti Internetu, pri čemu dobra propusnost znači veće brzine prilikom rada na mreži. Jedan od faktora koji utječe na propusnost je broj ljudi koji koristi internetsku vezu u bilo kojem trenutku. Ukoliko više ljudi istovremeno koristi internetsku vezu to će rezultirati sporijim brzinama, u odnosu na korištenje od strane samo jedne osobe. Korištenje određenih aplikacija, video konferencije, preuzimanje velikih datoteka i slične aktivnosti mogu dodatno utjecati na brzinu veze i smanjiti širinu propusnog opsega. [4]

Pouzdanost i održavanje – komponente lokalne mreže moraju biti pouzdane tako da se minimaliziraju kvarovi te da u slučaju kvara pojedine komponente u mreži, ostatak mreže ne osjeća posljedice. [1]

Nakon postavljene lokalne mreže, korisnik je ovisan o njoj i ona mu postaje nužan preduvjet za rad. Većina sadašnjih poduzeća stoga već unaprijed oblikuje urede prilagođene budućem postavljanju lokalnih mreža. Pri dizajniranju mreže utvrđuju se zahtjevi pouzdanosti pri čemu administratori lokalne mreže postižu dogovor sa predstavnicima poduzeća radi prihvatljive razine pouzdanosti. Ti zahtjevi su: dostupnost,

⁴ Usmjerivač - vrsta mrežnog uređaja koji služi za upravljanje prometom na mreži

⁵ Preklopnik - vrsta mrežnog uređaja sa kojim se upravlja protokom podataka između dvije LAN mreže

⁶ Cat5, Cat5e, Cat6, Cat6e - vrste Ethernet kablova koji se koriste u lokalnim mrežama, a razlikuju se prema brzini prijenosa i Mhz žice.

međuvrijeme popravka⁷ (engl. *Mean Time to Repair – MTTR*) i međuvrijeme između kvarova⁸ (engl. *Mean Time between Failures – MTBF*). Održavanje treba biti urađeno na način da se prekid rada mreže svede na minimum. [5]

Matematički izraz za izračunavanje MTTR [23]:

$$MTTR = \frac{\text{ukopno vrijeme održavanja}}{\text{broj popravaka}}$$

Matematički izraz za izračunavanje MTBF [24]:

$$MTBF = \frac{\Sigma(\text{početak zastoja} - \text{početak produženja rada})}{\text{broj kvarova}}$$

Niska cijena – cijene za mrežnu opremu lokalne mreže su relativno niske, no variraju prema: veličini mreže, razini sigurnosti mreže, brzini veze Interneta ili dodavanju dodatnih uređaja.

Jednostavnost – lokalna mreža treba biti jednostavna za postavljanje, priključivanje i konfiguriranje uređaja, održavanje te jednostavnost korištenja svih mogućnosti mreže uz minimum stručne osposobljenosti korisnika. [2]

Kompatibilnost – mogućnost nabavke uređaja različitih proizvođača koji mogu međusobno raditi u jednoj mreži i time postići bolji izbor u omjeru cijene i performansa. [2]

Fleksibilnost i proširivost – mogućnost dodavanja novih uređaja u mrežu te mogućnost premještanja istih, a prijenosni medij⁹ postavljen je tako da je dostupan radi priključivanja uređaja.

Standardi – za postizanje univerzalne razine komunikacije, proizvođači uređaja za lokalne mreže svoje proizvode izrađuju prema važećim standardima. Za lokalne mreže to je serija standarda: IEEE 802 (ISO 8802) : IEEE 802.1, IEEE 802.2, IEEE 802.3 (*Ethernet*), IEEE 802.4, IEEE 802.5, IEEE 802.9, IEEE 802.11 (*WLAN*) i IEEE 802.12. [1]

⁷ MTTR - prosječno vrijeme koje je potrebno kako bi se popravila neispravna oprema, uklonile poteškoće i vraćanje u normalne radne uvjete. [23]

⁸ MTBF - prosječno vrijeme funkcioniranja sustava ili komponente između kvarova i mjeri se u satima. [24]

⁹ Prijenosni medij - fizičko sredstvo za prijenos signala. U lokalnim mrežama najčešće se koristi žičani medij UTP [6].

3. IEEE standardizacija

Organizacija IEEE (engl. *Institute of Electrical and Electronic Engineers*) bavi se standardizacijom lokalnih i gradskih mreža unutar koje djeluje organizacija nazvana IEEE 802. Ukupno postoji 24 organizacija, no većina ih je raspuštena ili hibernira, a samo njih desetak je trenutno aktivno (najčešći su standardi vezani uz *Ethernet*, *Token Ring* i *WLAN*). Univerzalna protokolna arhitektura lokalnih mreža sadrži fizički sloj ¹⁰(engl. *Physical Layer - PL*) i sloj podatkovne veze ¹¹(engl. *Data Link Layer - DLL*) koji su najniži slojevi OSI RM-a ¹²(engl. *Open Systems Interconnection Reference Model*). Isti su definirani od strane organizacije za IEEE 802 standard na temelju OSI RM-a.

Organizacije IEEE 802.1 i 802.2 bave se standardizacijom podsloja *LCC* (eng. *Logical link control*), od kojih je **organizacija IEEE 802.1** zadužena za pitanja koja su zajednička svim vrstama lokalnih mreža: adresiranje, upravljanje mrežom (engl. *network management*), povezivanje lokalnih mreža pomoću mostova (engl. *bridges*), omogućava dinamičko *multicast* filtriranje, upravlja zagušenjima i dr., a **organizacija IEEE 802.2** je zadužena za probleme vezane uz podsloj *LLC*. [1]

3.1. Posebne organizacije IEEE-a za lokalne mreže

Unutar IEEE-a, postoje posebne organizacije koje su zadužene za definiranje podslojeva *MAC* (engl. *Media Access Control Sublayer*) namijenjenih lokalnim mrežama. **Organizacija IEEE 802.3**, poznatija pod nazivom *Ethernet*, bavi se standardizacijom lokalnih mreža koje koriste metodu višestrukog pristupa mediju s otkrivanjem sudara (engl. *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - CSMA/CD*¹³) i temeljena je na *frame* načinu rada¹⁴. *Ethernet* sadrži brzine prijenosa: 10 MB/s, 100 MB/s (*Fast Ethernet*), 1Gb/s i 10 GB/s (*Gigabit Ethernet*). Značajke *Ethernet*-a su jednostavnost protokola i izvedba mreže, velika prijenosna brzina i niska cijena prihvatljiva korisnicima. Kao prijenosni medij *Ethernet* koristi koaksijalni kabel, kabel sa upletenim paricama i optičke kablove. [7]

¹⁰ Fizički sloj - temelj na kojem se gradi računalna mreža i definira električna, vremenska i druga sučelja pomoću kojih se šalju bitovi kao signali preko kanala.[8]

¹¹ SSL - pretvara sirovu transmisiju u liniju koja se pojavljuje bez neotkrivenih pogrešaka prijenosa. [8]

¹² OSI RM - povezivanje otvorenih sustava, tj. sustavi koji su otvoreni za komunikaciju s drugim sustavima. [8]

¹³ CSMA/CD – otkrivanjem sukoba prekida slanje okvira te se time štedi vrijeme i propusni opseg.

¹⁴ Frame način rada - Slanje paketa podataka koji su prilagođeni za slanje preko računalne mreže.

Organizacija IEEE 802.4 zadužena je za standardizaciju lokalne mreže čiji je naziv sabirnica s pristupnim okvirom¹⁵ (engl. *token bus*). Koristi širokopojasni koaksijalni kabel i postiže brzine od 1, 5 i 10 Mb/s.

Organizacija IEEE 802.5 bavi se standardizacijom lokalne mreže čiji je naziv prstenasta mreža s pristupnim okvirom¹⁶ (engl. *token ring*), tj. prsten sa dodavanjem znaka. Izvedba može biti parica, koaksijalni kabel ili optički kabel. Sučelje ima dva oblika rada: osluškiivanje (engl. *listen*) i slanje (engl. *transmit*). Kod prstena se koristi posebni uređaj za ožičenje (engl. *wire center*) zbog sprječavanja pada cijele mreže koji se događa prilikom prekida kabla. Prednost je prijenos na veće udaljenosti bez gubitka snage signala.

Organizacija IEEE 802.11 bavi se standardizacijom bežičnih lokalnih mreža – *WLAN*¹⁷ (engl. *Wireless Local Area Network*) koje koriste metodu višestrukog pristupa mediju s izbjegavanjem sudara (engl. *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance - CSMA/CA*). Tim standardom definiran je osnovni skup usluga (engl. *Basic Service Set - BSS*) kao osnovni sastavni dio bežičnih lokalnih mreža, a sastoji se od dva ili više pokretnih čvorova nazvanih stanica. Svaki *BSS* ima svoju jedinstvenu oznaku *BSSID* (eng. *Basic Service Set Identifier*). Osnovno područje pružanja usluge (engl. *Basic Service Area - BSA*) je područje pokrivanja lokalnih mreža unutar kojeg članovi *BSS*-a međusobno komuniciraju. *IBSS* (engl. *Independent Basic Service Set*) je lokalna mreža sa jednim *BSS*-om, a distribucijski sustav (engl. *Distribution System - DS*) je lokalna mreža sa dva ili više međusobno povezanih *BSS*-ova.[1]

Cilj IEEE 802.11 standarda je da opiše *WLAN* koji isporučuje usluge prethodno utvrđene u žičanim mrežama, npr. visoka propusnost, pouzdana isporuka podataka i stalni priključak na mrežu. Osim toga, IEEE 802.11 opisuje *WLAN* koji dozvoljava mobilnost i ima ugrađenu mogućnost čuvanja podataka korisnikove mreže. [9]

IEEE 802.11 standard postiže brzinu prijenosa između 1-2 Mb/s u pojasu od 2.4 GHz, koristeći pritom tehnologiju frekvencijskog skakanja u proširenom spektru¹⁸ (engl.

¹⁵ Svaka stanica koristi sabirnicu za slanje tokena na sljedeću stanicu u unaprijed definiranom slijedu. [8]

¹⁶ Topologija mreže koristi za definiranje redoslijeda završetka stanica i stanice su povezane jedna do druge u jednom prstenu. [8]

¹⁷ *WLAN* - Povezivanje mobilnog korisnika (npr. mobitel, laptop) s lokalnom mrežom putem bežične (radio) veze.

¹⁸ *FHSS* - predajnik skače od frekvencije do frekvencije stotinama puta u sekundi. [8]

Frequency Hopping Spread Spectrum – FHSS) ili raspršenje spektra direktnim postupkom¹⁹ (engl. *Direct Sequence Spread Spectrum- DSSS*).

Postoji više od deset inačica standarda IEEE 802.11, a neki od njih su:

- 802.11a - postiže brzinu prijenosa do 54 Mb/s u pojasu od 5 GHz i koristi shemu kodiranja *OFDM*²⁰ (engl. *orthogonal frequency division multiplexing*),
- 802.11b - postiže brzinu prijenosa do 11 Mb/s u pojasu od 2,4 GHz, a koristi modulacijsku tehniku *HR-DSSS* (engl. *High Rate Direct Sequence Spread Spectrum*),
- 802.11e - definira potporu kvalitete usluge²¹ (engl. *Quality of Service - QoS*) za lokalne mreže,
- 802.11g – koristi se na relativno kratkim udaljenostima i postiže brzinu od 20 do 54 Mb/s u pojasu od 2,4 GHz. [10]

Organizacija IEEE 802.12, komercijalnog naziva mreže 100VG-AnyLAN, bavi se standardizacijom lokalne mreže koja koristi metodu višestrukog pristupa mediju na temelju prioriteta zahtjeva (engl. *Demand Priority Access Method – DPAM*). IEEE 802.12 sposoban je za prijenos podataka od 100 Mb/s i naviše. [1]

4. Mrežna oprema

Kako bi neki korisnik mogao pristupiti Internetu ili razmjenjivati podatke između dva računala, potrebna mu je mrežna oprema, koju čine skup sustava, elemenata i funkcionalnosti pomoću kojih se razmjenjuju informacije. Mrežna oprema povezuje uređaje na način da se podaci mogu dijeliti između njih. Izgled ili topologija tih priključenih uređaja opisuje mrežni dizajn ili strukturu. Topologija mreže međusobno povezuje čvorove lokalne mreže fizičkim ili logičkim putem, tj. predstavlja način na koji su mrežni elementi spojeni. Postoji nekoliko vrsta topologija, a najpoznatije su: Zvijezda (engl. *Star*), Prsten (engl. *Ring*), Sabirnica (engl. *Bus*), Stablo (engl. *Tree*). [20]

Mrežna oprema se dijeli u dvije skupine: aktivnu mrežnu opremu i pasivnu mrežnu opremu. Prvi kriterij za ovakvu podjelu jest uporaba električne energije za samo funkcioniranje opreme. Pasivna oprema ne zahtjeva struju za rad, dok je aktivnoj opremi

¹⁹ DSSS - koristi sekvencu kôda za širenje podatkovnog signala preko šireg frekvencijskog pojasa. [8]

²⁰ OFDM - širina pojasa kanala podijeljena je na mnoge podnosiocice koji samostalno šalju podatke. [8]

²¹ QoS - različitim aplikacijama i korisnicima se dodjeljuju različiti prioriteti i raznim tehnologijama pruža kvalitetnije servise u mrežnom prometu.

ista potrebna. Drugi kriterij je mogućnost logičkog odlučivanja koje je potrebno za usmjeravanje mrežnog prometa. [12]

Prema ovim kriterijima, **aktivnu mrežnu opremu** sačinjavaju svi elektronički uređaji koji mogu upravljati prometom, primiti i slati podatke te sadrže memoriju i procesor. Razlikuju se po broju portova²² i modula²³, tipu mreže te svrsi za koju su namijenjeni. U tu skupinu spadaju usmjerivači, preklopnici, mrežni mostovi, modemi, vatrozidi (engl. *firewalls*) i poslužiteljska računala, te za bežičnu mrežu pristupna točka i mrežna kartica. **Pasivnu mrežnu opremu** sačinjava žičani sustav (bakar i optika) s kojim se povezuje aktivna mrežna oprema. U tu skupinu spadaju mrežni kablovi, konektori, koncentratori (koji mogu biti i aktivni), razvodni paneli, komunikacijski ormari, patch paneli te sistemi za napajanje električnom energijom. [17]

4.1. Usmjerivač

Usmjerivač (engl. *router*) je aktivni mrežni uređaj koji radi na mrežnoj razini ²⁴OSI modela, s posebnom svrhom upravljanja vezom između dvije ili više mreža te usmjerava promet prema logičkim adresama koje se nazivaju IP adrese²⁵ (eng. *Internet Protocol address*). Usmjerivač povezuje dvije logički i fizički različite mreže. [11]

Prilikom primitka paketa na jednom od svojih sučelja, usmjerivač na temelju odredišne IP adrese upisane u zaglavlje paketa i tablice usmjeravanja donosi odluku na koje će sučelje, tj. na koji izlazni port proslijediti paket na kojem se nalazi dostupna odredišna mreža. U suprotnom, taj se paket odbacuje. Usmjerivači mogu imati više vrsta različitih portova, a najčešće se koriste *Ethernet* portovi. [12]

²² Port - otvor na mrežnoj opremi na koji se priključuju Ethernet kablovi i svrha im je žičano povezivanje mrežnog hardvera u lokalnoj mreži. [26].

²³ Modul - pasivna zasebna jedinica sklopovlja koja funkcionira s komponentama drugih sustava. [25]

²⁴ Mrežni sloj - treći sloj OSI modela kojemu je zadaća usmjeravanje paketa od ishodišta sve do odredišta, dodavanje IP zaglavlja na izvorištu i skidanje IP zaglavlja na odredištu. [8]

²⁵ IP adresa - jedinstvena adresa svakog uređaja u mreži.



Slika 1: Cisco usmjerivač 2801

Izvor: Autor

Pomoću algoritma usmjeravanja, tj. korištenjem usmjerivačkih protokola, svaki usmjerivač paralelno s procesom prosljeđivanja paketa izračunava najbolje puteve paketa kroz mrežu. [13]

Usmjerivački protokoli općenito se dijele na statičke i dinamičke protokole. Statički protokoli podešavanju se ručno od strane administratora mreže i prikladni su za primjenu u maloj lokalnoj mreži. Usmjerivački protokoli omogućuju mreži dinamičko prilagođavanje uvjetima tj. usmjerivačke tablice se automatski ažuriraju, a dijele se prema načinu izračunavanja optimalnog puta na:

- 1) Protokole vektora udaljenosti (engl. *Distance-vector*) – određuju najbolji put na osnovu informacije koliko je udaljeno odredište paketa. Šalju cijele tablice usmjeravanja, jednostavni su i učinkoviti u malim lokalnim mrežama.
 - a. RIP (engl. *Routing Information Protocol*) - jednostavan protokol usmjeravanja koji šalje svoje kompletne tablice usmjeravanja drugim usmjerivačima u mreži u pravilnim intervalima svakih 30 sekundi. Koristi broj skokova za svoju metriku koji je ograničen na 16 skoka.
 - b. IGRP (engl. *Interior Gateway Information Protocol*) – razvijen je zbog ograničenja RIP protokola i za potrebe većih mreža. Maksimalan broj koraka usmjeravanja (naspram RIP protokola) je 255 i omogućuje korištenje višestrukih metrika²⁶ (MTU, pouzdanost, propusnost, kašnjenje, opterećenje). IGRP je vlasnički protokol tvrtke Cisco System.

²⁶ Metrika – mjerila količinske procjene, koristi se za mjerenje, usporedbu ili praćenje radnog učinka.

- c. EIGRP (eng. *Enhanced Interior Gateway Information Protocol*) – poboljšana inačica IGRP protokola koji se koristi za automatizaciju odluka i konfiguraciju usmjeravanja. Šalje samo djelomična ažuriranja samo određenim usmjerivačima.
- 2) Protokole stanja veze (engl. *Link state*) – rade na način da svaki usmjerivač zna topologiju mreže i usmjerivačima se šalje samo informacija o stanju veze u obliku LSA (engl. *Link State Advertisement*).
- a. OSPF (engl. *Open Shortest Path First*) – namijenjen za rad unutar jedne domene kao što je, npr., autonomni sustav. Može se koristiti na Ipv4²⁷ i IPv6²⁸ mrežama, a podržava neklasificirano usmjeravanje među domenama²⁹ (engl. *Classless Inter-Domain Routing - CIDR*) i mrežne maske varijabilne dužine³⁰ (engl. *Variable Length Subnet Mask*).
 - b. IS-IS (engl. *Intermediate System to Intermediate System*) – protokol kod kojeg svi usmjerivači u mreži imaju podatke o topologiji cijele mreže. [14][26]

Osnovne funkcije usmjerivača su prosljeđivanje paketa iz jedne u drugu mrežu (engl. *forwarding*) i određivanje najboljih puteva paketa kroz mrežu (engl. *routing*).

Ostale funkcije koje obavlja usmjerivač su: povezivanje i držanje određene vrste emitiranja prometa pod kontrolom; djelovanje poput spoja između dviju ili više mreža za međuspremanje i prijenos podataka među njima; posjedovanje sposobnosti premještanja podataka iz jedne mreže u drugu. Većina mreža koristi usmjerivače kao vatrozide (engl. *firewall*) za sigurnost; a koji djeluju kao zadani pristupnik (engl. *default gateway*). [11]

4.2. Preklopnik

Preklopnik (engl. *switch*) je aktivni mrežni uređaj koji omogućava povezivanje dva ili više računala u lokalnoj mreži srednje veličine. Podaci se prosljeđuju samo na jedan odgovarajući izlazni port, tj. odgovarajuće računalo kome su potrebni. Radi na razini podatkovne veze OSI modela. Preklopnik služi i za povezivanje računala i usmjerivača za promet namijenjenog drugim mrežama. [12]

²⁷ Internet protokol verzije 4, koristi se za komuniciranje u TCP/IP mreži.

²⁸ Internet protokol verzije 6.

²⁹ CIDR - koristi se za poboljšanje iskoristivosti adresnog prostora.

³⁰ VLSM - podjela Ip adresa prema zahtjevima svake mreže.

Preklopnik obično sadržava 4 do 48 RJ-45 portova, pamti *MAC* adresu (engl. *Media Access Control address*) i broj portova koji su pridruženi *MAC* adresi, a podatke čuva u radnoj memoriji u skupu podataka nazvanom *CAM* tablica.

Uklanjanje kolizije se vrši na način da se uz pomoć programske potpore i elektrotehnike ostvari zasebna veza između dva korisnika na temelju pamćenja njihovih *MAC* adresa - tako da prilikom međusobne komunikacije nikom ne smetaju. Razvojem tehnologije i padom cijena, razvijen je preklopnik koji za komunikaciju koristi i *IP* adresu paketa (*L3* preklopnik), a koji spada i u uređaje trećeg sloja *OSI* modela. Preklopnici se mogu i dograditi s optičkim pretvornicima (engl. *transceiver*) te tako ostvariti pouzdanu i brzu komunikaciju. [15]



Slika 2: CISCO preklopnik Catalyst 3750 sa 48 RJ-45 porta

Izvor: Autor

4.3. Mrežni most

Mrežni most (engl. *bridge*) je aktivni mrežni uređaj koji povezuje mrežne segmente. Radi s *MAC* adresama na drugom sloju *OSI* modela. Mrežni most filtrira promet lokalne mreže. Lokalni promet zadržava na jednom segmentu, a promet namijenjen udaljenijem *hostu* propušta na drugi segment, pri čemu se ne opterećuje viškom komunikacije.

S obzirom da svaki mrežni uređaj posjeduje *MAC* adresu, mrežni most radi tablicu s adresama prateći koja se *MAC* adresa nalazi na kojem segmentu, kako bi saznao fizičku adresu izvora i odredišta. Ukoliko se odredište ne nalazi u tabeli, paket se šalje svima. Ukoliko se odredište nalazi u tabeli, smješta ga u segment u kom se nalazi odredišno

računalo, a uklanja ga, tj. filtrira, u slučaju da je određište već u istom segmentu kao i izvor. Koristan je u malim mrežama, a sličan je koncentratoru i preklopniku.[18] [19]

4.4. Modem

Modem (MODulator - dEModulator) je mrežni uređaj koji omogućava prijenos digitalnih podataka na velike udaljenosti putem analognih telefonskih veza (engl. *Dial-up*) te vrši modulaciju i demodulaciju digitalnog signala računala. *Dial-up* veze su komutirane veze, zakupljene linije i široko su rasprostranjene te nude više načina prijenosa podataka informacija od izvorišta do odredišta. Koriste se u povezivanju kućnog računala sa Internetom ili LAN mrežom na poslu te kao *back-up* veza u WAN mreži, tj. služe kao veza s pružateljima Internet usluga³¹ (engl. *Internet Service Provider - ISP*) kao što su: CARNet, T-Com, i drugi.

S obzirom da su signali u računalu digitalni, a telefonske linije analogne, modem na izlazu vrši pretvaranje digitalnog signala u analogni, a na ulazu u računalo prevodi analogni signal u digitalni. Prijenos digitalnih podataka vrši se preko već postojećih telefonskih linija, a brzina je u kilobitima (kb) budući da je telefonska mreža napravljena za prijenos govora s propusnim opsegom do 3.4 kHz. [17]

4.5. Pristupna točka

Pristupna točka (engl. *Access Point - AP*) je pasivni mrežni uređaj koji se koristi unutar bežičnih mreža, a omogućava povezivanje korisnika na mreži i komunikaciju između njih. Povezan je kablom s lokalnom mrežom i omogućava prijenos podataka između žičanih i bežičnih uređaja. Pristupna točka igra ulogu mosta između bežičnih stanica i resursa u žičanoj lokalnoj mreži te ima integrirani konektor za antenu. Komunikacija se ostvaruje po CSMA/CA³² principu, a koriste se frekvencije od 2.4 GHz i 5 GHz. S usmjerenim antenama moguće je povezati mjesta udaljena i do par kilometara. Uglavnom se montiraju na krovu kuće, zgrade ili nekom povišenom mjestu. Omni-usmjerena antena koristi se kod pristupne točke, a pokriva 360° oko sebe u horizontalnoj ravnini. Usmjerenu antenu koristi klijent, a služi za odašiljanje u određenom smjeru i za određeno područje.

³¹ ISP – omogućuje povezivanje korisnika sa ostatkom Interneta.

³² CSMA/CA – stanica počinje emitirati tek kad prisluškivanjem utvrdi da je kanal slobodan. U slučaju sudara, stanice nakon određenog vremena ponovo emitiraju .

Pristupna točka radi u tri načina:

- a. *Client* način – spaja se na mrežu kao i pomoću obične kartice,
- b. *Bridge* način – spaja dvije ili više mreža u jednu cjelinu,
- c. *Repeater* način – za dodatno povećavanje dometa mreže. [17]

4.6. Mrežna kartica

Mrežna kartica (engl. *Network Interface Card - NIC*) je računalna komponenta koja se koristi za umrežavanje računala sa LAN mrežom. Mrežne kartice se smatraju uređajima drugog sloja *OSI* modela jer rade sa MAC adresama. Svaka mrežna kartica ima svoju *MAC* adresu, a njome se kontrolira komunikacija *host* računala na mreži. Svakoj mrežnoj kartici dodjeljuje se jedinstveni sklopovski broj te se na taj način izbjegavaju konflikti između kartica u mrežnom prometu. Naziva se i mrežni adapter. Gotovo sve današnje matične ploče imaju integriranu mrežnu karticu, a kod onih koje nemaju, na neki od slobodnih utora na matičnoj ploči stavlja se dodatna mrežna kartica ili se spaja putem USB sučelja. [18]

Bežična mrežna kartica koristi antenu za komunikaciju putem radio valova, na dva načina rada u kojima su *infrastructure*³³ (potrebna je pristupna točka) i *ad hoc*³⁴ način rada. Ima tri standardne brzine prijenosa podataka (10, 100 i 1000 Mb/s).



Slika 3: Mrežna kartica

Izvor: Autor

³³ Infrastructure način – neizravno komuniciranje krajnjih uređaja putem bežične pristupne točke. [27]

³⁴ Ad-hoc način – izravno komuniciranje krajnjih uređaja u bežičnoj mreži. [27]

4.7. Kabeli, konektori i strukturno kabliranje

Kablovi spadaju u pasivni dio mrežne opreme te se njima spajaju uređaji svake lokalne mreže. To su mediji koji služe za prijenos signala između računala i komunikacijske opreme. Najčešći žičani mediji za prijenos signala su koaksijalni i optički kablovi te kablovi s uvrnutom paricom.

Koaksijalni kabel se sastoji od dva bakrena vodiča koncentrično smještena unutar kabla, izolacije, sloja upletenog metala (najčešće aluminija ili bakra) i zaštitnog omotača te zbog toga omogućuje dobivanje većih brzina prijenosa S ovakvim oklopom apsorbira šum ili elektromagnetske smetnje i sprječava miješanje s podacima koji se prenose. Postoje dvije vrste koaksijalnog kabla: kabel osnovnog pojasa i širokopojasni kabel.[6]

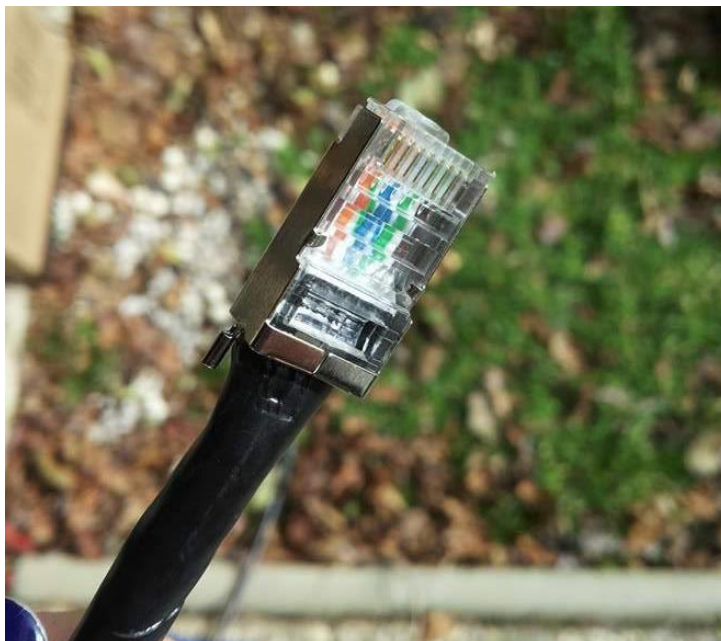
Optički kabel se sastoji od tanke staklene ili plastične niti sa svojstvom vođenja svjetla. Naziva se još optičko vlakno (engl. *optical fiber*) ili svjetlovod. Ima vrlo malu mogućnost pogreške, prilikom prijenosa ne djeluju smetnje električnih uređaja i ne emitira smetnje u okolinu.

Za korištenje optičkog vlakna potrebno je električni signal pretvoriti u svjetlosni, pustiti signal u vlakno paralelno s uzdužnom osi ili na „cik-cak“ način te na suprotnoj strani svjetlosni signal pretvoriti u električni. Širina pojasa je u rasponu od 180 THz do 330 THz. Jedan optički kabel sadržava između 2 do 48 vlakana. Postoje dvije vrste optičkih vlakana: jednomodno i višemodno optičko vlakno. [6]

Kabel sa neoklopljenom uvrnutom paricom (engl. *Unshielded Twisted Pair -UTP*) i **kabel sa oklopljenom uvrnutom paricom** (engl. *Shielded Twisted Pair -STP*) sastoji se od ukupno 4 odvojene parice (8 bakrenih žica) izoliranih plastičnom masom s ili bez dodatka teflona. UTP kabel, za razliku od STP kabla, ne posjeduje dodatnu ovojnicu koja ga štiti od raznih vanjskih utjecaja (npr. elektromagnetske smetnje, otpornost na šum). Kabel s uvrnutom paricom prvobitno je bio namijenjen prijenosu govora, a počeo se koristiti i za prijenos podataka zbog fleksibilnosti, niske cijene i malog volumena. Preplitanjem vodiča povećana je otpornost na smetnja. U današnjim mrežama koriste se UTP kablovi kategorije 5 (ISO Class D), upotrebljavani za prijenos podataka do 100 MB/s i UTP kablovi kategorije 6 (ISO Class E) kojima je minimalna širina pojasa 250 MHZ, a maksimalna duljina segmenta kabliranja 100m.

8-kontaktni modularni RJ-45 **konektor** služi za povezivanje UTP kabla s utičnicom i aktivnom mrežnom opremom. Postoje dvije varijante RJ-45 konektora: T568A i T568B,

čija je razlika u zamjeni parice 2 sa paricom 3. Varijanta T568A kompatibilna je s ISDN standardom, a T568B sa *Ethernet* 10Base-T standardom.



Slika 4: STP kabel sa RJ-45 konektorom, T568B standard

Izvor: Autor

Postoje dva tipa kablova s uvrnutom paricom:

- a. *Straight-Throught* kabel – ravni ili „jedan-na-jedan“ način kabliranja koji s obje strane završava s istim standardom, koristi se obično za spojeve od računala do zidne utičnice.
- b. *Crossover* kabel – ukršteni način kabliranja koji s jedne i s druge strane završava s različitim standardima, koristi se za spajanje računalo na računala, preklopnik na preklopnik, i sl. [6]

Strukturno kabliranje je kablovska infrastruktura koja horizontalnim i vertikalnim vodovima povezuje mrežne uređaje unutar zgrada i naselja. Za početak kabliranja potrebno je utvrditi broj korisnika mreže, broj računala i ostalu mrežnu opremu koja je namijenjena telekomunikacijskim servisima, a sadrži određen broj podsistema strukturnog kablovskog sistema koji su standardizirani. Strukturno kabliranje dijeli se u 6 podsistema: ulazna postrojenja, prostorije sa opremom, telekomunikacijske sobe, *Backbone*³⁵ kabliranje, horizontalno kabliranje i krajnje komponente. [17]

³⁵ Backbone – kabliranje okosnice zgrade s čime se povezuju sve prostorije s uređajima.

4.8. Komunikacijski ormar

Unutar komunikacijskog ormara smještena je aktivna i pasivna mrežna oprema (kablovi, serveri, usmjerivači, preklopnici, patch paneli, itd.). Komunikacijski ormar smješten je unutar posebne sobe do koje ne mogu pristupiti neovlaštene osobe. Ukoliko nije moguće osigurati posebnu sobu, postavlja se u hodnike ili neke druge prostorije. U takvim slučajevima poželjno je staviti komunikacijski ormar sa staklenim vratima koja umanjuju nepotrebno otvaranje, a osiguravaju pregledan uvid u rad preklopnika i patch panela. Kada se lokalna mreža postavlja na poslovnu ili stambenu zgradu koja ima dva ili više katova, komunikacijski ormari smještaju se na svakom katu i na njih su priključeni svi mrežni uređaji koji se nalaze na pojedinom katu. U komunikacijskim ormarima potrebno je ugraditi i ventilatore za ohlađivanje ormara kako bi se spriječilo pregrijavanje uređaja. Također je potrebno ugraditi naponsku „letvu“ koja će služiti kao izvor napajanja za aktivnu opremu.

4.9. Server

Server ili poslužitelj je namjensko računalo ili softver koji pruža usluge drugim računalnim programima. Funkcija servera je da prihvća zahtjeve od klijenta, obrađuje te zahtjeve i rezultate obrade šalje nazad klijentu. Postoje nekoliko vrsta namjena servera, a neki od tih su: web server koji služi tražene HTML stranice, *proxy* server (koji djeluje kao posrednik između krajnjeg uređaja i drugog servera s kojeg korisnik traži uslugu), server za detekciju zlonamjernog softvera, server za e-poštu (prima dolaznu e-poštu od pošiljatelja i prosljeđuje odlazne e-pošte za isporuku).

4.10. Patch panel

Patch panel u mreži poduzeća služi kao neka vrsta statičke centrale, koristeći kabele za povezivanje mrežnih računala unutar lokalne mreže i vanjskih linija te uključujući Internet ili druge širokopojasne mreže (WAN). Dakle, patch panel sakuplja dolazne kablove iz utičnica razmještenih po prostorijama poduzeća koje pokriva lokalna mreža i patch kablovima povezuje računala spojena na ulazne kablove s aktivnom opremom (preklopnik). Portovi patch panela konfigurirani su na način da se prilagođavaju *Ethernet* kablovima u mreži poduzeća. U manjim poduzećima patch paneli se obično stavljaju u male sobe u komunikacijski ormar na mrežnu policu gdje se nalazi i ostala mrežna oprema. Mogu se koristiti i za povezivanje te upravljanje optičkim kabelima.

Patch panel koristi patch kabele (vrsta Jumper³⁶ kabla), kako bi stvorio međusobno povezivanje. Krugovi se također mogu preurediti priključivanjem i odspajanjem odgovarajućih patch kabela.



Slika 5: Patch Cat 5e kablovi

Izvor: Autor

Patch paneli razlikuju se u broju priključaka koje sadrže, a najčešći su 48-portni, 24-portni i 12-portni paneli. Dizajnirani su za specifične kablove poput: Cat 5e, Cat 6, Cat 6a i Cat7, te specifični patch paneli za neoklopljene upletene parice (UTP kabel) i zaštićene upletene parice (STP kabel).

³⁶ Jumper kabel – kabel koji se koristi za prespajanje između patch panela i drugih mrežnih uređaja (npr. preklopnika, usmjerivača)

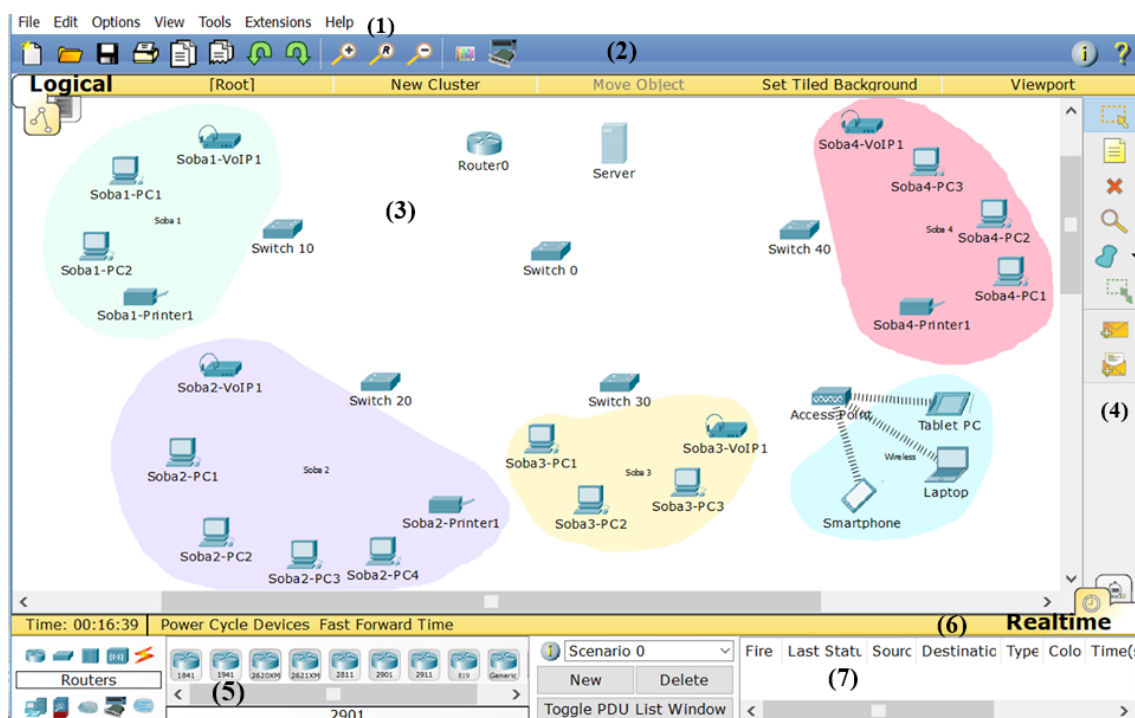
5. Projektiranje lokalne mreže u Cisco Packet Tracer programu

5.1. Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer je inovativni alat za mrežnu simulaciju i vizualizaciju, koji omogućuje eksperimentiranje s ponašanjem mreže i dizajniranje većih i kompleksnijih mreža prije same praktične primjene u realnom okruženju. Baziran je na „Cisco“ mrežnim uređajima i korisnicima omogućuje simuliranje konfiguracije Cisco mrežnih uređaja (usmjerivača, preklopnika) i stvaranje mrežnih topologija.

Packet Tracer razvila je tvrtka Cisco Systems i besplatan je za korištenje. Dio je Cisco edukacijske mrežne akademije (*Cisco Certified Network Associate Routing & Switching* - CCNA). Dostupan je na većini operativnih sustava (Microsoft Windows, Linux) i u više jezika. Može se koristiti i kao mobilna aplikacija (Android 4.1+, iOS 8+). Zadnja verzija Cisco Packet Tracer-a je 7.1.

5.1.1. Grafičko sučelje Cisco Packet Tracer programa



Slika 6: Raspored mrežnih komponenti na radnom prostoru CPT

Izvor: Autor

Grafičko sučelje programa Cisco Packet Tracer (Slika 5) se sastoji od alatne trake (1) koja sadrži padajuće izbornike (*file, edit, options, view, tools, extensions, help*) s mnoštvom

funkcija, alatne trake (2) i (4) koje sadrže dio funkcija iz glavne trake (1) (*file, save, print, undo, redo, zoom in, zoom out, delete, paleta za crtanje, itd.*).

Prvi korak k stvaranju simulacije prijenosa podataka je postavljanje mrežnih komponenti na radni prostor (3). Na radnom prostoru odvija se proces dizajniranja, kreiranja i simulacija mreže. Dva su načina prikaza radnog prostora: logički i fizički. Logički radni prostor omogućava kreiranje, pomicanje, uređivanje i povezivanje mreža, a fizički omogućava korisniku grafički prikaz logičke mreže kako bi mrežne komponente izgledale u realnom okruženju.

Lokalna mreža u Cisco Packet Tracer-u sastoji se od jednog servera, jednog usmjerivača, jednog *core* preklopnika, četiri preklopnika za svaku prostoriju poduzeća, dvanaest stolnih računala, jedna pristupna točka na koju se povezuju bežični uređaji, četiri VoIP telefona i tri pisača.

Mrežne komponente koje se koriste na radnom prostoru odabiru se s alatne trake s mrežnim uređajima (5), a dodaju se na radni prostor na dva načina: prema načelu „povuci i ispusti“ ili odabirom komponente te klikom na željeno mjesto na radnom prostoru. Alatna traka s mrežnim komponentama se sastoji od 9 skupina: usmjerivači, preklopnici, koncentratori, bežični uređaji, prijenosni mediji, krajnji uređaji, sigurnost, uređaji za WAN emulaciju, uređaji po mjeri (engl. *custom made devices*) i višekorisnička mreža (engl. *multiuser connection*).

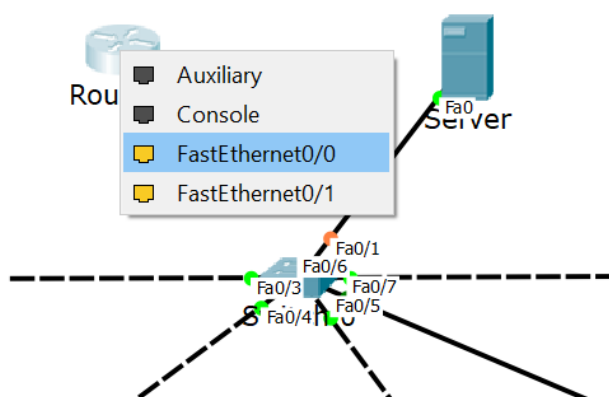
U načinu rada u stvarnom vremenu (engl. *Real time mode*) (6) ponaša se kao pravi uređaj i daje alternativu stvarnoj opremi, pritom omogućuje korisniku stjecanje prakse za rad s pravom opremom. U ovakvom načinu rada, prikazuje proteklo vrijeme rada od otvaranja Cisco Packet Tracer projekta, a pokraj ima dvije funkcije: resetiranje tj. isključivanje svih uređaja u mreži (eng. *Power cycle devices*) i funkcija dodavanja vremena (engl. *Fast forward time*) koja svakim klikom vremenu dodaje 30 sekundi (pogodno za preskakanje procesa podizanja sustava).

Simulacijski način rada (engl. *Simulation mode*) (6) omogućuje korisniku pregled podataka koji putuju kablovima te je vrlo koristan u svrhu otkrivanja i otklanjanja pogrešaka. Prilikom slanja paketa kroz mrežu, paket šalje ICMP poruke na svakom čvorištu koje je moguće pratiti u Simulacijskom panelu. Simulacijski panel prikazuje vrijeme u sekundama koliko paket putuje od čvorišta do čvorišta – „Time (sec)“, zadnji uređaj kroz koji je paket prošao – „Last Device“, na kojem je trenutno uređaju paket –

„At Device“, i koja vrsta protokola je korištena- „Type“. Simulaciju je moguće i resetirati pomoću gumba *Reset Simulation*. *SaPlay Controls* definira se način na koji vrijeme prolazi: automatski i ručno (gumbi *Back*, *Auto Capture/Play* i *Capture/Forward*). Uz pomoć gumba *Auto Capture/Play* prikazuje se automatski kako paket putuje od ishodišta do odredišta, a s gumbom *Capture/Forward* isto se prikazuje korak po korak i upravljano je od strane korisnika. Traka ispod navedenih kontrola služi za podešavanje brzine kojom će paket putovati. Moguće je i postaviti filtre i tako odabrati koji će se paketi prikazati.

5.1.2. Povezivanje lokalne mreže u Cisco Packet Tracer programu

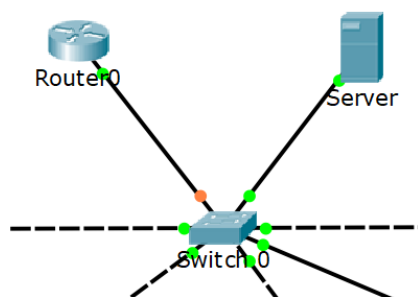
Prije početka konfiguracije mreže, potrebno je povezati uređaje na radnom području u jednu cjelovitu mrežu. U Cisco Packet Tracer-u postoji deset različitih mogućih povezivanja uređaja (npr. automatsko povezivanje, *Straight-through*, *Cross-Over*, koaksijalno, itd.). Nakon odabira odgovarajuće konekcije, potrebno je odabrati na svakom uređaju na koji port/sučelje (engl. *interface*) će biti priključeno (Slika 6). Prilikom povezivanja dva ista uređaja, poželjno ih je priključiti na isto sučelje na svakom od uređaja.



Slika 7: Odabir sučelja

Izvor: Autor

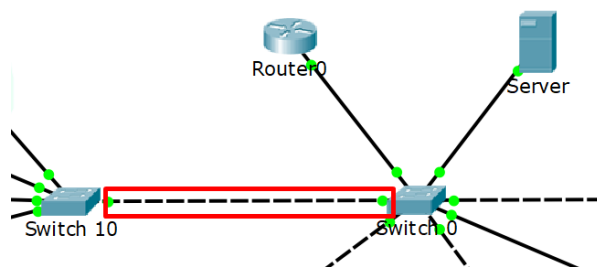
Da bi podatci mogli putovati kroz mrežu preko kablova, na svakom kraju kabla trebaju biti vidljive zelene točke. Prilikom spajanja nekog uređaja na preklopnik, na kraju kabla gdje se nalazi preklopnik pojavljuje se prvo narančasta točka, kao što je vidljivo na slici 8. To je zato što preklopnik koristi *spanning tree* protokol i potrebno mu je neko vrijeme da se uključi zelena točka (cca 1 min). Ukoliko se pojavljuju crvene točke, znači da je port na uređaju isključen.



Slika 8: Povezivanje uređaja na preklopnik

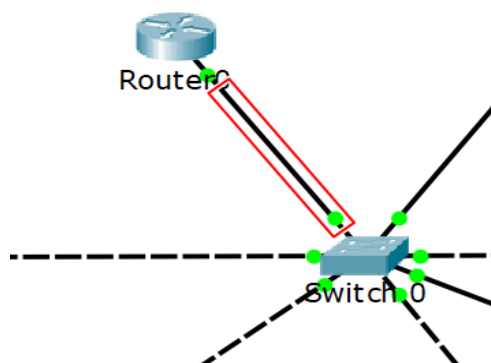
Izvor: Autor

U povezivanju lokalne mreže poduzeća korištene su 2 vrste povezivanja: *Copper Straight-Through* kabel (Slika 9) koji se koristi kod spajanja različitih tipova uređaja i *Copper Cross-Over* kabel (Slika 10) koji se koristi kod spajanja istih tipova uređaja.



Slika 9: Copper Cross Over kabel

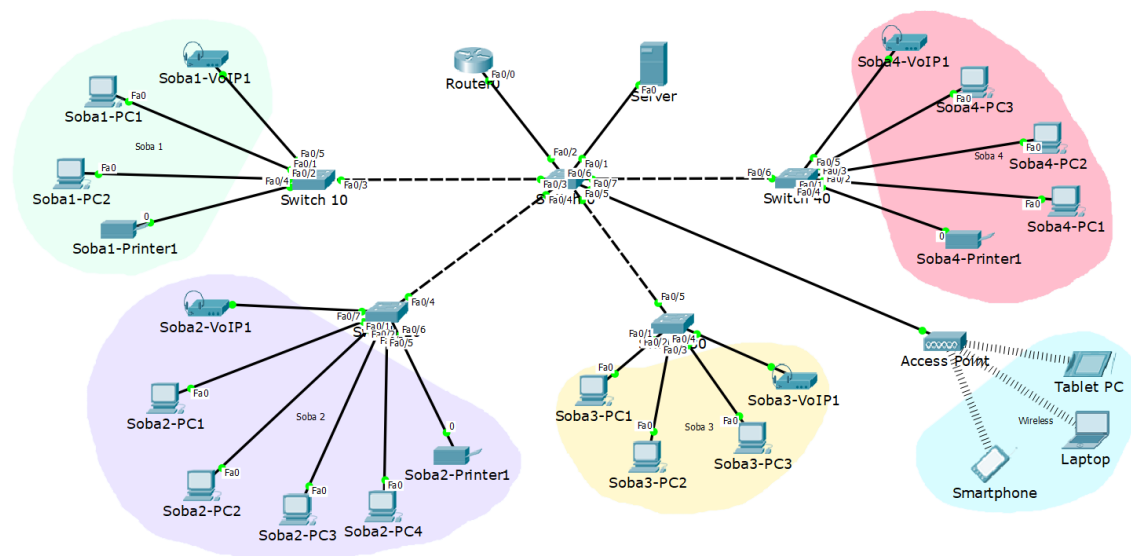
Izvor: Autor



Slika 10: Copper Straight-Through kabel

Izvor: Autor

Na slici 11 prikazana je cjelovita lokalna mreža povezana u zvjezdastu topologiju.



Slika 11: Zvjezdasta topologija lokalne mreže u CPT programu

Izvor: Autor

5.1.3. Konfiguracija uređaja lokalne mreže u Cisco Packet Tracer programu

Na svim uređajima izvršena je sljedeća konfiguracija: promjena imena uređaja, adresiranje uređaja tj. dodjeljivanje IP adrese, dodavanje *gateway-a* te je svaki uređaj dodan u VLAN³⁷. U tabeli 1 navedeni su krajnji i mrežni uređaji s informacijama o adresi mreže i IP adresi svakog uređaja, konekcijama (na koji drugi uređaj je spojen) te koji je *gateway* svakog krajnjeg uređaja. Sve adrese su privatne.

³⁷ VLAN – virtualni LAN, kreira se na Ethernet preklopnicima, koristi se za razdvajanje korisnika u lokalnoj mreži u radne grupe, za poboljšanje zaštite te za lakše upravljanje prometom na mreži.

Tablica 1: Prikaz korištenih IP adresa i sučelja

Uređaj	Adresa mreže	IP adresa uređaja	Konekcija	Gateway
Server	192.168.200.0/30	192.168.200.1/30	Switch0; Fa0/1	192.168.200.1
Soba1-PC1	192.168.10.0/24	192.168.10.2/24	Switch10; Fa0/1	192.168.10.1
Soba1-PC2		192.168.10.3/24	Switch10; Fa0/2	
Soba1-Printer1		192.168.10.4/24	Switch10; Fa0/3	
Soba1-VoIP1		192.168.10.5/24	Switch10; Fa0/4	
Soba2-PC1	192.168.20.0/24	192.168.20.2/24	Switch20; Fa0/1	192.168.20.1
Soba2-PC2		192.168.20.3/24	Switch20; Fa0/2	
Soba2-PC3		192.168.20.4/24	Switch20; Fa0/3	
Soba2-PC4		192.168.20.5/24	Switch20; Fa0/4	
Soba2-Printer1		192.168.20.6/24	Switch20; Fa0/5	
Soba2-VoIP1		192.168.20.7/24	Switch20; Fa0/6	
Soba3-PC1	192.168.30.0/24	192.168.30.2/24	Switch30; Fa0/2	192.168.30.1
Soba3-PC2		192.168.30.3/24	Switch30; Fa0/3	
Soba3-PC3		192.168.30.4/24	Switch30; Fa0/4	
Soba3-VoIP		192.168.30.5/24	Switch30; Fa0/5	
Soba4-PC1	192.168.40.0/24	192.168.40.2/24	Switch40; Fa0/2	192.168.40.1
Soba4-PC2		192.168.40.3/24	Switch40; Fa0/3	
Soba4-PC3		192.168.40.4/24	Switch40; Fa0/4	
Soba4-Printer1		192.168.40.5/24	Switch40; Fa0/5	
Soba4-VoIP1		192.168.40.6/24	Switch40; Fa0/6	

Izvor: Autor

U tablici 2 prikazane su informacije o uređajima koji su spojeni na *core* preklopnik Switch0: ime uređaja, konekcija (na koje sučelje tj. port su spojeni uređaji), broj VLAN-a i vrsta veze između dva uređaja- Preklopnici Switch10, Switch20, Switch30 i Switch40 korišteni su u Cisco Packet Tracer programu umjesto Patch panela, koji je korišten u realnom okruženju prilikom postavljanja mreže.

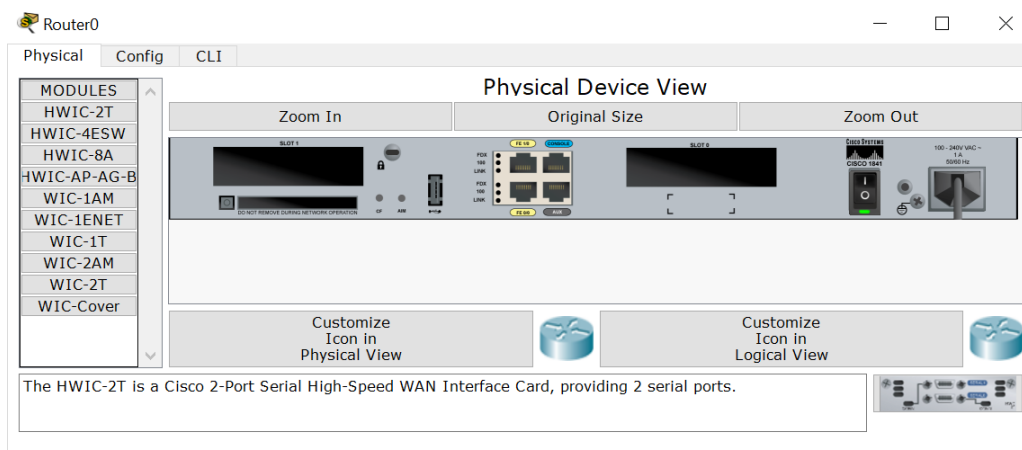
Tablica 2: Uređaji povezani na Switch0

Uređaj	Konekcija	VLAN	Vrsta veze
Server	Fa0/2	200	Access
Switch10	Fa0/3	10	Trunk
Switch20	Fa0/4	20	Trunk
Switch30	Fa0/5	30	Trunk
Switch40	Fa0/6	40	Trunk
Access Point	Fa0/7	50	Access

Izvor: Autor

Svaki uređaj koji je postavljen na logički radni prostor Cisco Packet Tracer programa sadrži svoj izbornik koji ima razne postavke poput fizičkog pogleda uređaja (engl. *Physical device view*), konfiguracijski izbornik (engl. *Config*) i tekstualno sučelje (engl. *CLI*), radnu površinu (engl. *Desktop*), itd.

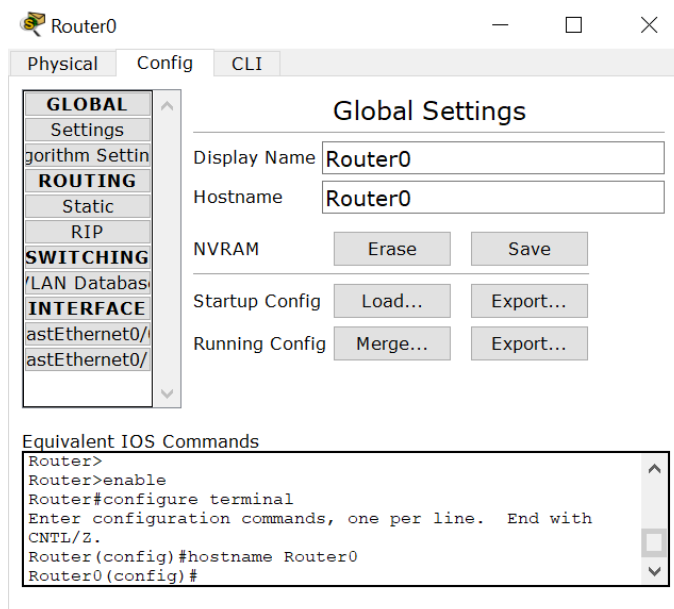
U fizičkom pogledu uređaja prikazuje se stvarni izgled uređaja i ovdje korisnik može uključiti i isključiti uređaj te dodati raspoložive module u prazna mjesta, tj. utore (engl. *slots*) koji su vidljivi na uređaju. Moduli se dodaju ukoliko se na usmjerivač priključuje više od dva uređaja te postoji potreba za više portova. Na slici 12 prikazan je fizički pogled usmjerivača Router0 modela 1841. Prilikom dodavanja novog modula, uređaj je potrebno isključiti.



Slika 12: Fizički pogled usmjerivača Router0

Izvor: Autor

Posredstvom konfiguracijskog izbornika, moguće je promijeniti globalne postavke poput: promjene naziva uređaja, brisanje ili spremanje NVRAM-a³⁸(engl. *Non-Volatile Random Access Memory*), učitavanje i izvoz početne konfiguracije, postavke usmjeravanja (kao što je dodavanje statičkih ruta) te postavke sučelja (gdje se uključuje port, upisuje IP adresa i maska podmreže). Prilikom svake promijenjene postavke, na dnu izbornika u „*Equivalent IOS Commands*“ se paralelno ispisuju naredbe, kao što se vidi na slici 13 prilikom upisivanja naziva usmjerivača.

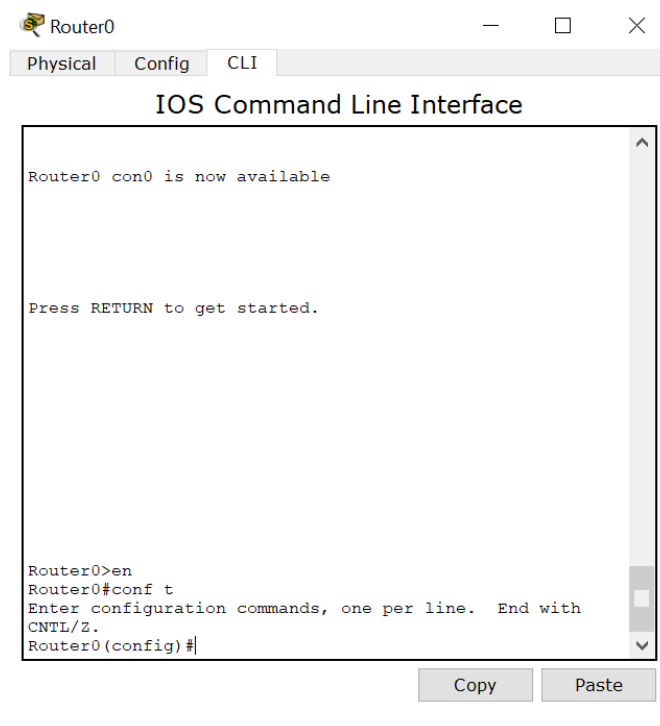


Slika 13: Konfiguracijski izbornik usmjerivača Router0

Izvor: Autor

³⁸ NVRAM – naziv za sve vrste RAM memorija koje ne gube podatke kada se računalo izgas.

U tekstualno sučelje uređaja (kartica CLI) naredbe za konfiguraciju se unose ručno, a temeljeno je na Cisco IOS mrežnom softveru (engl. *Internetwork Operating System*). Na slici 14 prikazano je tekstualno sučelje usmjerivača Router0.



Slika 14: Tekstualno sučelje usmjerivača Router0

Izvor: Autor

U nastavku je objašnjena konfiguracija krajnjih i mrežnih uređaja u lokalnoj mreži. Konfiguracija usmjerivača i preklopника učinjena je preko *CLI* sučelja, a konfiguracija krajnjih uređaja preko *Desktop* sučelja (*IP Configuration*)

5.1.3.1. Konfiguracija usmjerivača

Naredba „enable“ služi za ulazak u privilegirani način rada, a „configure terminal“ za ulazak u globalni način rada.

```
Router>enable  
Router#configure terminal
```

Naredbom „hostname“ dodaje se naziv uređaju.

```
Router(config)#hostname Router0
```

Naredba „interface fastEthernet _/_.“ koristi se za pristup podsučelju.

Uključivanje podsučelja Fa0/0.10

```
Router0(config)#interface fastEthernet 0/0.10
```

Naredba enkapsulacije „encapsulation“ koristi se kad su u mrežu uključeni VLAN-ovi. Prilikom pisanja naredbe na kraju se dodaje broj VLAN-a koji se nalazi u tablici 2.

```
Router0(config-subif)#encapsulation dot1Q 10
```

U nastavku naredbe „ip address“ dodaje se IP adresa koja je prva iskoristiva u adresi mreže i koja je na krajnjem uređaju dodana kao *gateway*, te maska podmreže.

```
Router0(config-subif)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
```

Naredbom „no shutdown“ se uključuju sučelja, odnosno podsučelja, na uređajima.

```
Router0(config-subif)#no shutdown
```

Izlazak iz globalnog načina rada u privilegirani.

```
Router0(config-subif)#exit
```

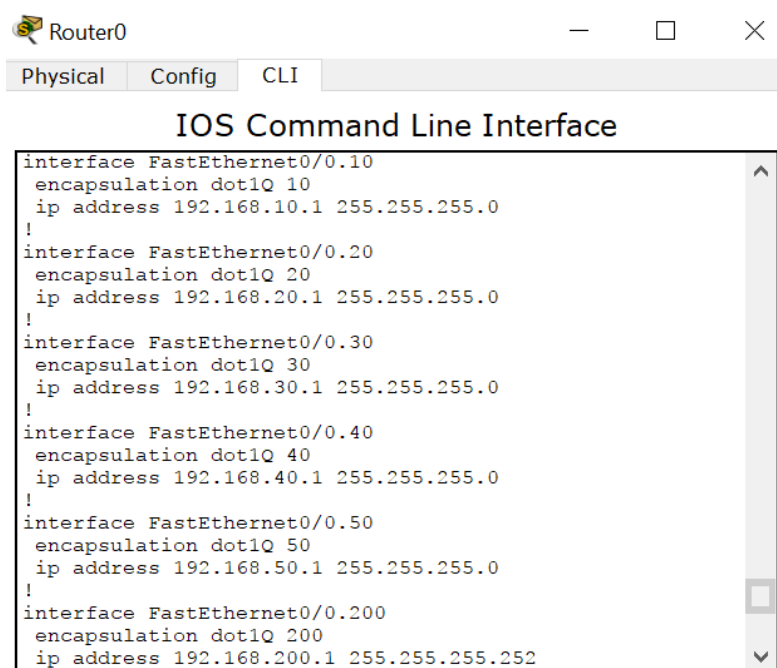
Naredbe koje su korištene za konfiguraciju podsučelja Fa0/0.10 koriste se i za uključivanje ostalih podsučelja (Fa0/0.20, Fa0/0.30, Fa0/0.40, Fa0/0.50, Fa0/0.200), uz izmjenu broja podsučelja, broja VLAN-a (tablica 2) i IP adrese *gateway*-a (tablica 1).

Na kraju konfiguracije potrebno je upisati naredbu u globalnom načinu rada „do write“ ili u privilegiranom načinu „write“ zbog spremanja prethodno upisane konfiguracije.

```
Router0(config)#do write
```

Nakon završene konfiguracije usmjerivača, korištenjem naredbe u privilegiranom načinu rada „show running“ ili u globalnom načinu rada „do show running“ ispisuje se pregled radne konfiguracije koja je spremljena u RAM memoriji (Slika 15).

Cijela konfiguracija usmjerivača Router0 nalazi se u prilogu završnog rada.



Slika 15: Pregled aktiviranih podsučelja u usmjerivaču Router0

Izvor: Autor

5.1.3.2. Konfiguracija preklopnika

Lokalna mreža u Cisco Packet Tracer programu sadrži pet preklopnika: Switch0, Switch10, Switch20, Switch30 i Switch40. Preklopnik Switch0 je u mreži *core* preklopnik i kroz njega putuje sav promet. Između preklopnika Switch0 i ostalih preklopnika uključena je *trunk* veza³⁹.

Naredba „enable“ služi za ulazak u privilegirani način rada, a „configure terminal“ za ulazak u globalni način rada.

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
```

Preimenovanje preklopnika u Switch0 naredbom „hostname“.

```
Switch#hostname Switch0
```

Ulazak u sučelje Fa0/2 i dodavanje *trunk* veze između ostalih uređaja koji su u VLAN-ovima 10, 20, 30, 40, 50 i 200.

³⁹ *Trunk* veza – propet se propušta na način da se točno zna koji promet je namijenjen kome VLAN-u, a uređaji s istim VLAN-om mogu izravno komunicirati iako su spojeni na različitim preklopnicima.

```
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/2  
  
Switch0(config-if)#switchport trunk allowed vlan  
10,20,30,40,50,200
```

Uključivanje sučelja Fa0/3 i postavljanje *trunk* veze između *core* preklopnika Switch0 i preklopnika Switch10 koji se nalazi u VLAN 10.

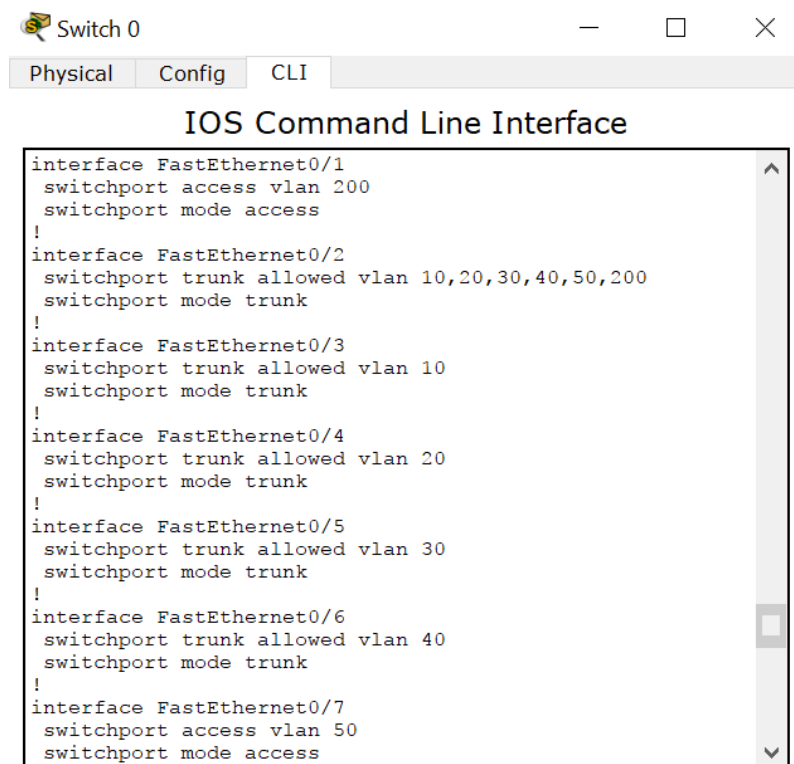
```
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/3  
  
Switch0(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10
```

Spremanje konfiguracije naredbom „do write“.

```
Switch0(config)#do write
```

Naredbe koje su korištene za konfiguraciju veze između *core* preklopnika Switch0 i preklopnika Switch10 koriste se i za konfiguraciju veze između ostalih uređaja (Switch20, Switch30, Switch40, Access Point i Server) koji su povezani na *core* preklopnik Switch0 prema podacima o sučeljima, VLAN-ovima i vezama između uređaja prikazanih u tablici 2.

Na slici 16 prikazana je gotova konfiguracija *core* preklopnika Switch0.



Slika 16: Konfiguracija preklopnika Switch0

Izvor: Autor

Na preostala četiri preklopnika konfigurira se sučelje s kojim su isti povezani na core preklopnik na kom je postavljena *trunk* veza i konfiguriraju se sučelja koja su povezana sa računalima, telefonima i printerima, gdje su postavljene *access* veze⁴⁰.

Naredba „enable“ služi za ulazak u privilegirani način rada, a „configure terminal“ za ulazak u globalni način rada.

```
Switch>enable  
Switch#configure terminal
```

Preimenovanje preklopnika u Switch10 naredbom „hostname“.

```
Switch(config)#hostname Switch10
```

Uključivanje sučelja Fa0/3 i uspostavljanje *trunk* veze između preklopnika Switch10 i core preklopnika Switch0.

```
Switch10(config)#interface fastEthernet 0/3  
Switch10(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10
```

Uključivanje sučelja Fa0/1 i uspostavljanje *access* veze između preklopnika Switch10 i računala Soba1-PC1.

```
Switch10(config)#interface fastEthernet 0/1  
Switch10(config-if)#switchport mode access
```

Uključivanje sučelja Fa0/2 i uspostavljanje *access* veze između preklopnika Switch10 i računala Soba1-PC2.

```
Switch10(config)#interface fastEthernet 0/2  
Switch10(config-if)#switchport mode access
```

Uključivanje sučelja Fa0/4 i uspostavljanje *access* veze između preklopnika Switch10 i printera Soba1-Printer1.

```
Switch10(config)#interface fastEthernet 0/4  
Switch10(config-if)#switchport mode access
```

⁴⁰ Access veza – promet ulazi ili izlazi bez oznake VLAN-a, te je za komunikaciju između uređaja koji su u različitim VLAN-ovima potreban uređaj na mrežnom sloju OSI modela.

Uključivanje sučelja Fa0/5 i uspostavljanje *access* veze između preklopnika Switch10 i telefona Soba1-VoIP1.

```
Switch10(config)#interface fastEthernet 0/5  
Switch10(config-if)#switchport mode access
```

Uključivanje VLAN-a 10 na preklopniku Switch10. Naredbom „name“ dodjeljuje se naziv VLAN-u.

```
Switch10(config)#vlan 10  
Switch10(config-vlan)#name Soba1
```

Spremanje konfiguracije naredbom „do write“

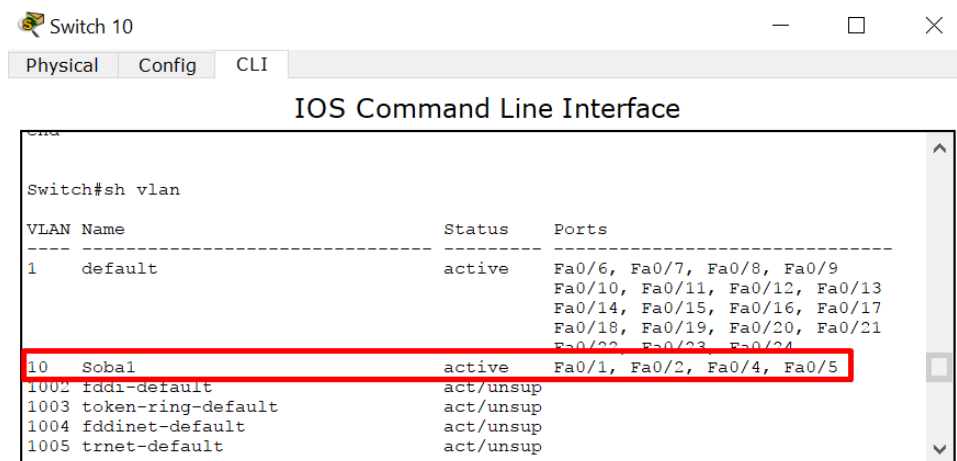
```
Switch10(config)#do write
```

Na slici 17 vidljiva je gotova konfiguracija preklopnika Switch10, a na slici 18 se nalaze informacije o nazivu VLAN-a, status i koja sučelja se nalaze u tome VLAN-u, a prikazuju se nakon unesene naredbe „show vlan“ u privilegiranom načinu ili „do show vlan“ u globalnom načinu rada.



Slika 17: Konfiguracija preklopnika Switch10

Izvor: Autor



Slika 18: Kreirani VLAN na preklopniku Switch10 sa aktivnim sučeljima

Izvor: Autor

Konfiguracija na ostala tri preklopnika Switch20, Switch30 i Switch40 sastoji se od istih naredbi konfiguracije kao i na preklopniku Switch10 samo s izmijenjenim sučeljima, kao što je navedeno u tablici 2.

5.1.3.3. Konfiguracija servera

Za konfiguraciju servera tj. poslužiteljskog računala, potrebno je ući u karticu *Desktop* i odabrati *IP configuration* kao što je prikazano na slici 19.

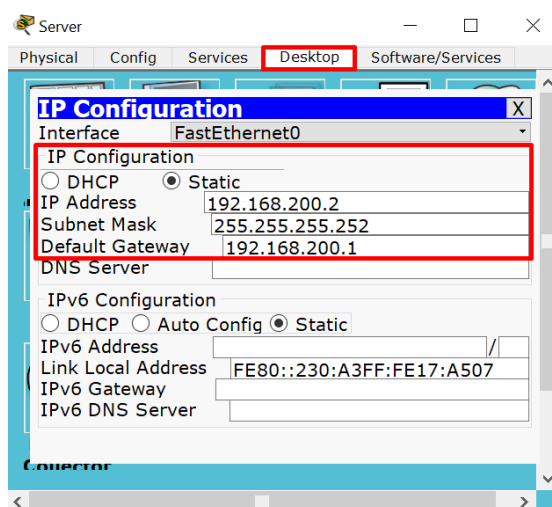


Slika 19: Desktop sučelje

Izvor: Autor

U IP konfiguraciji servera (Slika 20) korisnik prvo odabire hoće li se IP adresa uređaja dodijeliti automatski (*DHCP*⁴¹) ili će se dodavati ručno (*Static*). Kad je odabran način dodjeljivanja adresa, u ovom slučaju *Static*, potrebno je upisati IP adresu, masku pod mreže i zadani *gateway*, koji se nalaze u tablici 1.

U kartici *Software/Services* korisnik može instalirati različite softvere i servise, kao što su: *Operating system*, *Management*, *Medical*, *Business*, itd. Ovisno o potrebama poduzeća, server može služiti kao baza podataka ili kao *RADIUS*⁴² server, također može biti centralno za dijeljenje podataka između računala koja su spojena na LAN mrežu, itd.



Slika 20: Konfiguracija servera

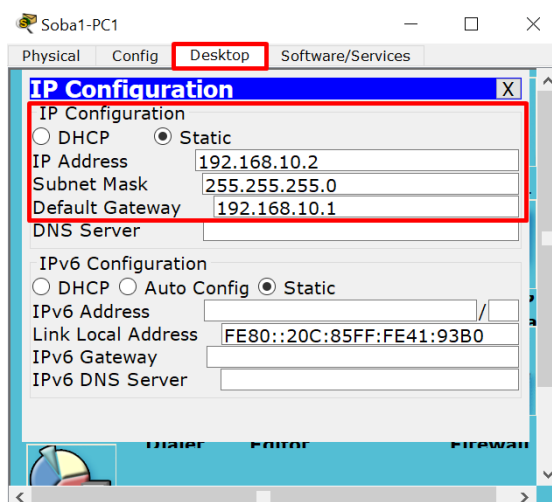
Izvor: Autor

5.1.3.4. Konfiguracija računala

Kako bismo konfigurirali računalo, potrebno je ući u karticu *Desktop* i odabrati *IP configuration* sučelje na način prikazan na slici 19. Potom se odabire *Static*, tj. statičko dodjeljivanje IP adrese i ispunjavaju se prazna polja: (označena na slici 21) IP adresa, maska pod mreže i zadani *gateway* kao što je zadano u tablici 1.

⁴¹ DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol – protokol za dinamičko dodjeljivanje IP adresa, gatewaya, pod mrežnih maski i IP adresa DNS servera sa DNS servera.

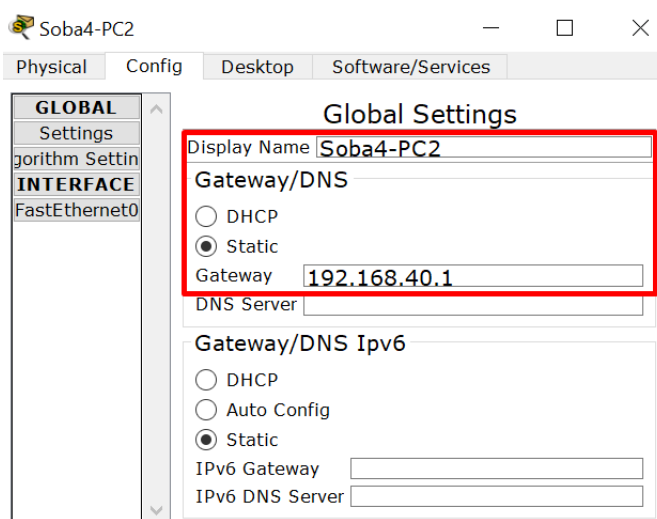
⁴² RADIUS – Remote Authentication Dial-In User Service – server koji se koristi za identifikaciju korisnika koji se priključuju preko komutirane telefonske linije.



Slika 21: Konfiguracija računala preko desktop sučelja

Izvor: Autor

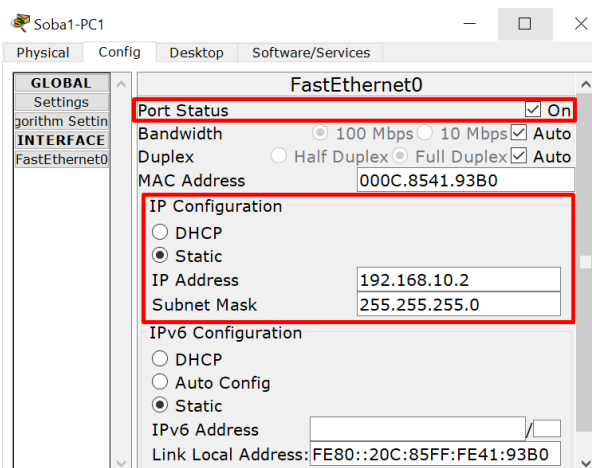
Konfiguracija računala može se izvršiti i preko konfiguracijskog preglednika (Slika 22). Prvo se odabere kartica *Config*, potom se u globalnim postavkama (*Global - Settings*) pod *Display Name* mijenja naziv uređaja, a kod postavki *Gateway/DNS* se dodaje adresa *gateway-a* (prema tablici 1).



Slika 22: Konfiguracija računala Soba4-PC1 preko konfiguracijskog preglednika

Izvor: Autor

U postavkama sučelja (*Interface - FastEthernet0*) pod *Port Status* se uključuje ili isključuje port na računalu (Slika 23). Zatim u *IP Configuration* se odabire statički način dodjeljivanja adresa i u prazna polja se unose podatci o IP adresi i maski pod mreže kao što je navedeno u tablici 1.



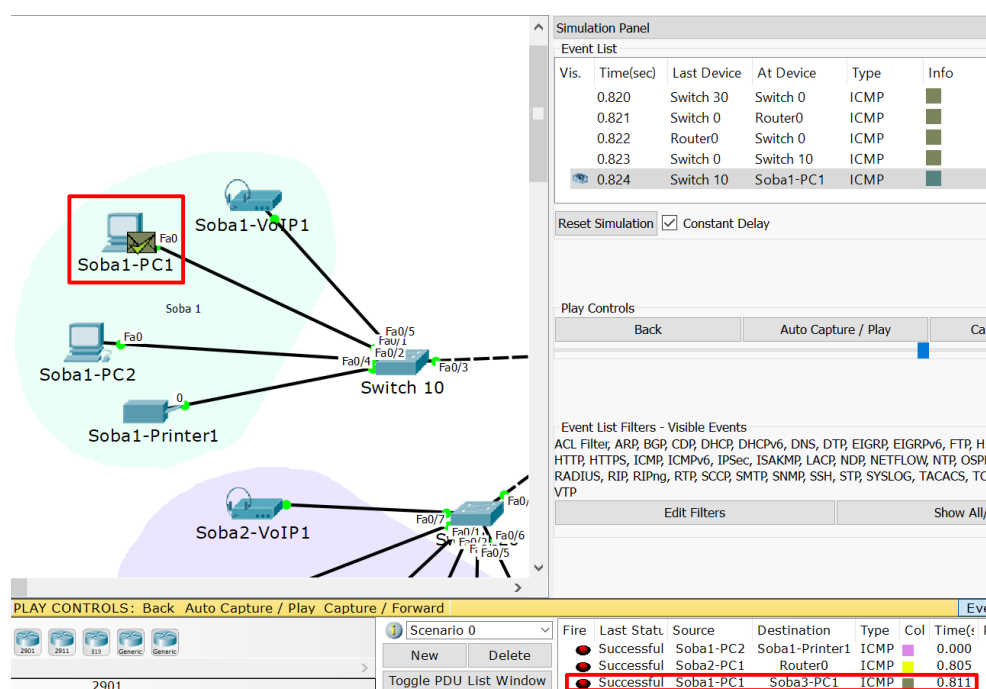
Slika 23: Konfiguracija Fa0 sučelja preko konfiguracijskog preglednika

Izvor: Autor

5.1.4. Testiranje lokalne mreže u simulaciji

Nakon konfiguracije svih uređaja koji se nalaze u lokalnoj mreži, potrebno je testirati rad mreže u simulacijskom načinu rada (*Simulation mode*) kako bi se provjerilo je li uspostavljena veza između svih uređaja. U nastavku je prikazano nekoliko načina testiranja kao što su: slanje UDP paketa od jednog uređaja do drugog korištenjem naredbe *ping* (tzv. *pinganje*) između dva uređaja te korištenjem naredbe *ping* s usmjerivača Router0 na krajnji uređaj.

Na slici 24 prikazana je uspješna simulacija slanja jednostavnog UDP paketa u simulacijskom načinu rada. Paket putuje od računala Soba1-PC1 koji se nalazi u Sobi 1 pa do računala Soba3-PC1 koji se nalazi u Sobi 3. Na svakom čvorištu, paket šalje ICMP poruke koje je moguće pratiti u simulacijskom panelu (engl. *Simulation panel*). Kad paket stigne na odredište, vraća se nazad na ishodište. Ukoliko je paket uspješno stigao do odredišta, na ishodištu se pojavljuje zelena kvačica. Ispod simulacijskog panela nalazi se korisnički kreiran prozor paketa (engl. *User Created Packet Window- UCPW*) u kojem se prikazuje status paketa. Ako je paket uspješno poslan, status porta će biti *successfull*. U slučaju bezuspješnog slanja paketa, u UCPW će status porta biti *failed*.



Slika 24: Simulacija slanja UDP paketa kroz mrežu

Izvor: Autor

Nakon slanja paketa kroz mrežu, otvaranjem paketa na ishodišnom uređaju s kojeg je paket poslan može se provjeriti je li paket uspješno poslan do odredišnog uređaja. Na slici 25 prikazan je pristigli paket popraćen slojevima OSI modela, a na svakom sloju se prikazuju različite poruke.

Na prvom, fizičkom sloju prikazana je poruka:

- 1) FastEthernet0 prima okvir.

Na drugom sloju, sloju podatkovne veze, prikazane su sljedeće poruke:

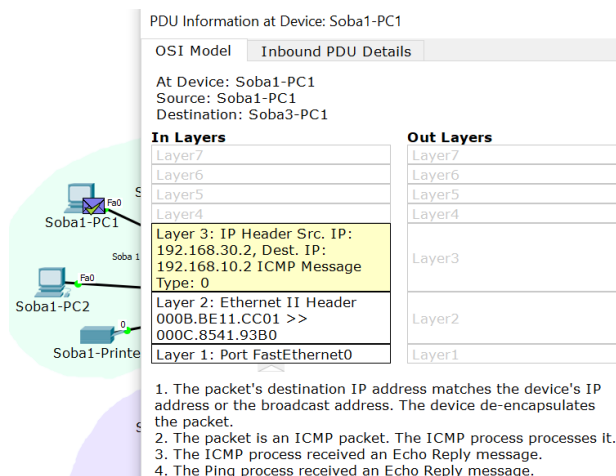
- 1) MAC adresa ishodišnog okvira odgovara MAC adresi dolazećeg porta, *broadcast*⁴³ adresi ili *multicast* adresi.
- 2) Uređaj dekapulira PDU iz Ethernet ovira.

Na trećem, mrežnom sloju prikazane su sljedeće poruke:

- 1) IP adresa odredišnog paketa odgovara IP adresi uređaja ili broadcast adresi. uređaj je dekapulirao paket.
- 2) Paket je ICMP paket. ICMP proces to procesira.

⁴³ Broadcast adresa – zadnja adresa u podmreži (engl. *subnet*), koristi se za slanje podataka svim uređajima u podmreži.

- 3) ICMP proces prima *Echo Reply* poruku.
- 4) Ping proces prima *Echo Reply* poruku.

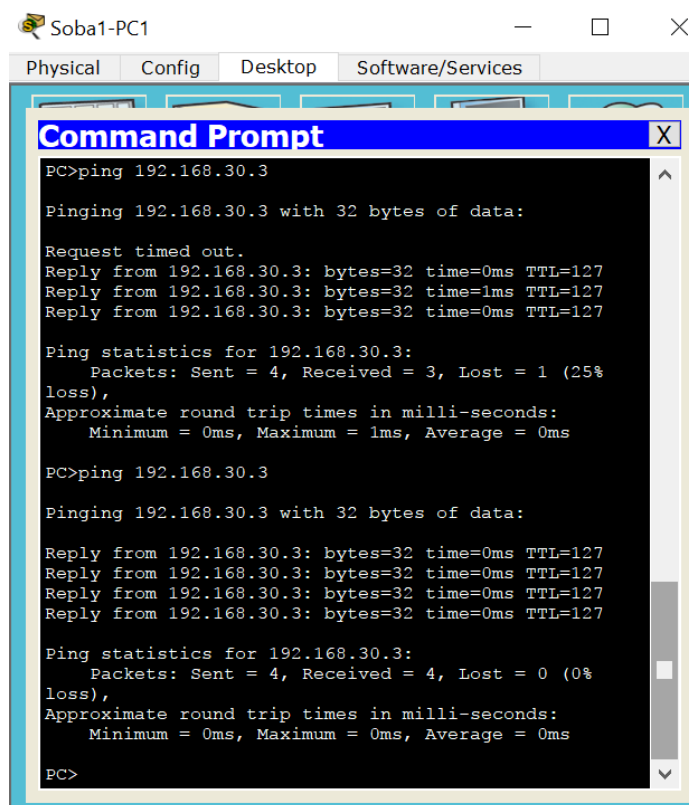


Slika 25: Uspješno slanje PDU paketa između računala Soba1-PC1 i Soba3-PC1

Izvor: Autor

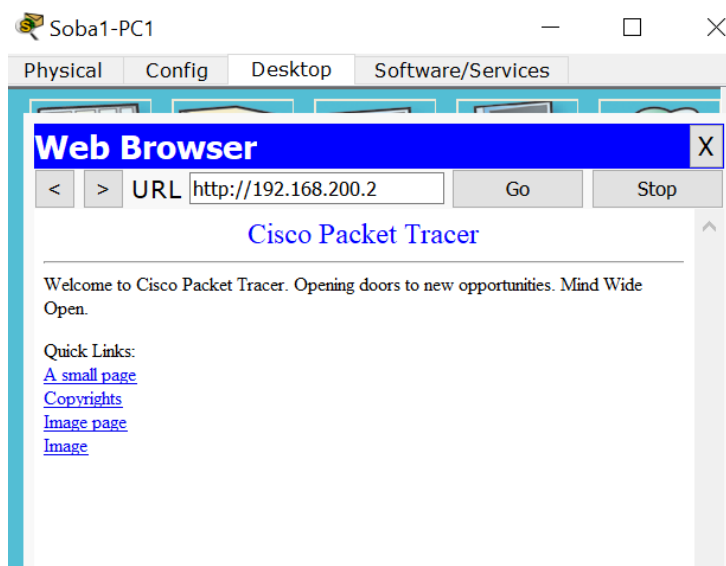
Sljedeći način testiranja mreže je korištenje naredbe *ping* između dva uređaja preko *Command Prompt-a*, a postiže se tako da se prvo odabere uređaj s kojeg će se slati naredba *ping* na drugi uređaj, uđe u kartici *Desktop* i odabere *Command Prompt*. Zatim se unosi naredba „ping“ s IP adresom odredišnog uređaja.

Na slici 26 prikazano je uspješno *pinganje* između računala Soba1-PC1 i računala Soba3-PC2. Moguće je vidjeti uspješnost slanja ICMP poruka, a koja u ovom slučaju iznosi 100%, tj. od 4 poslana paketa primljeno ih je 4 i nijedan paket nije izgubljen. U slučaju da se neki krajnji uređaj *pinga* po prvi put, prvi paket biva izgubljen, ali ponovnim korištenjem naredbe *ping* svi paketi bivaju uspješno poslani i primljeni. Također, vidljivo je i kašnjenje paketa koje je svaki put drugačije te prikazuje minimalno, maksimalno i prosječno vrijeme kašnjenja paketa.

Slika 26: *Pinganje računala Soba3-PC1 na računalo Soba3-PC2*

Izvor: Autor

Testiranje mreže može se izvršiti i preko *Web browser*-a koji se nalazi u kartici *Config*. Na slici 27 prikazano je *pinganje* računala Soba1-PC1 na IP adresu servera.

Slika 27: *Pinganje servera*

Izvor: Autor

Na slici 28 prikazano je testiranje mreže preko CLI sučelja usmjerivača Router0 na adresu računala Soba1-PC1. Unošenjem naredbe „ping“ prikazuje se nekolicina parametra. U ovom primjeru na odabranu odredišnu adresu 192.168.10.2 poslano je 100 paketa sa 2 sekunde kašnjenja. Postotak uspješno poslanih paketa je 100%, a maksimalno vrijeme kašnjenja iznosi 14 ms.

```
Router0#ping
Protocol [ip]:
Target IP address: 192.168.10.2
Repeat count [5]: 100
Datagram size [100]:
Timeout in seconds [2]:
Extended commands [n]:
Sweep range of sizes [n]:
Type escape sequence to abort.
Sending 100, 100-byte ICMP Echos to 192.168.10.2, timeout is 2 seconds:
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Success rate is 100 percent (100/100), round-trip min/avg/max = 0/0/14 ms
Router0#
```

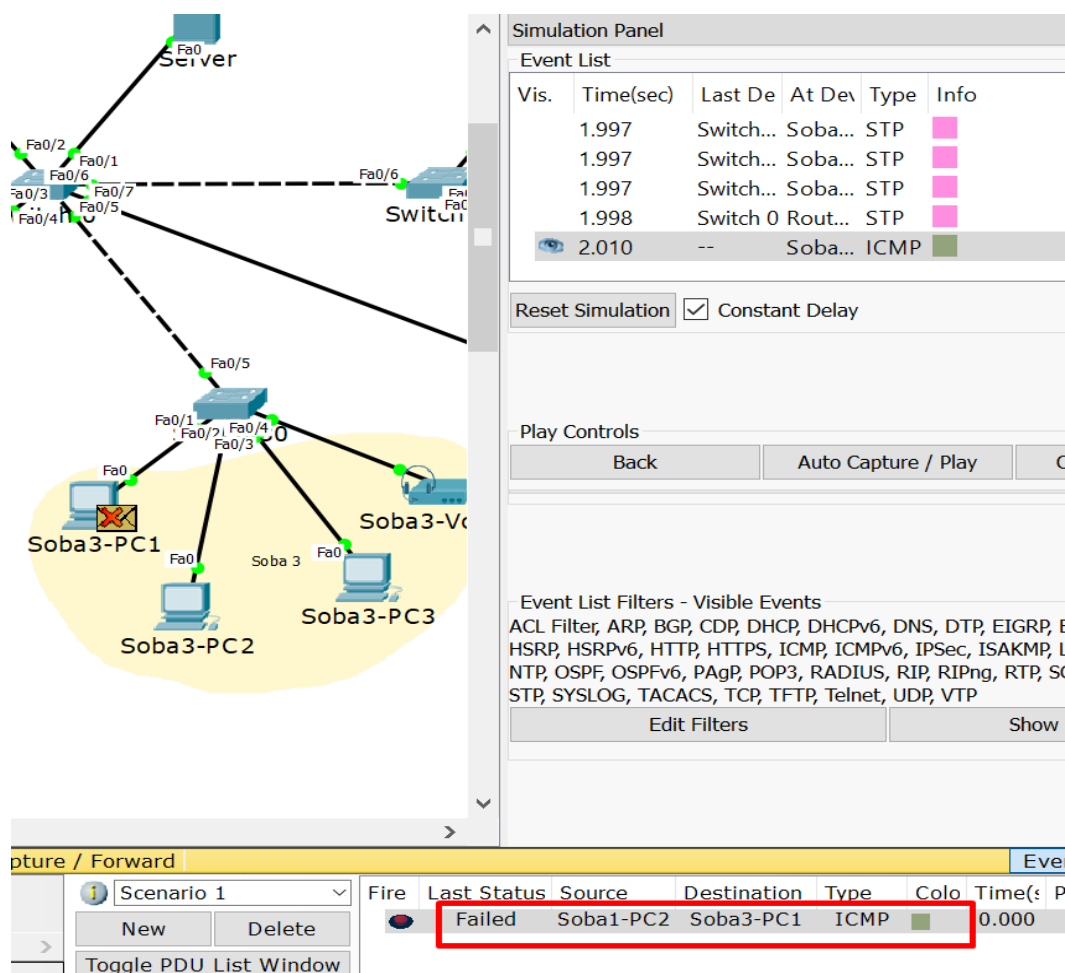
Slika 28: *Pinganje* računala Soba1-PC1 s usmjerivača Router0

Izvor: Autor

5.1.5. Testiranje grešaka lokalne mreže u simulaciji

U ovom dijelu Završnog rada odrađeno je testiranje grešaka u lokalnoj mreži u simulaciji te su prikazane posljedice tih grešaka. Testirane su sljedeće greške: krivo postavljena adresa *Gateway-a*, krivo postavljena adresa sučelja i krivo podešena veza.

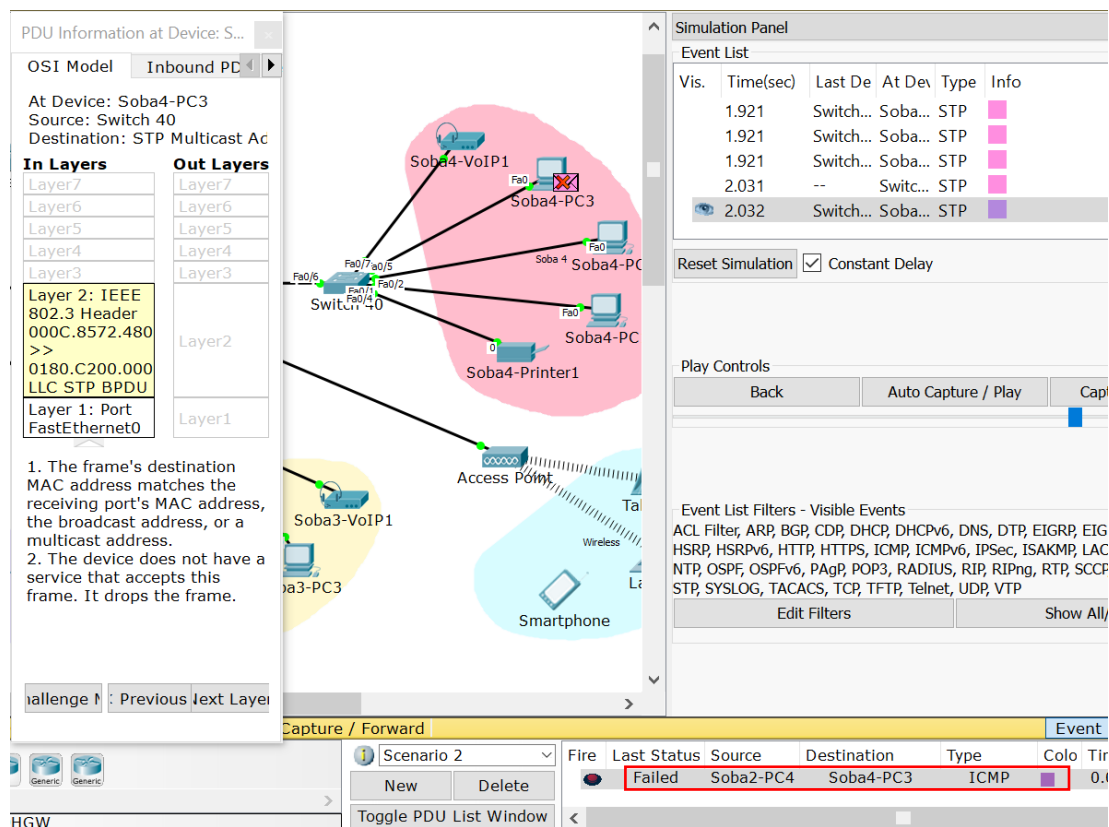
Na slici 29 prikazana je simulacija neuspješnog slanja jednostavnog UDP paketa u simulacijskom načinu rada u kom je krivo postavljena adresa *gateway-a*. Paket putuje od računala Soba1-PC2 koji se nalazi u Sobi 1 pa do računala Soba3-PC1 koji se nalazi u Sobi 3 na kom je adresa *gateway-a* promijenjena iz 192.168.30.1 u 192.168.30.10. Prilikom dolaska paketa do računala Soba3-PC1 pojavljuje se crveni X koji označava da paket nije uspješno stigao na odredište. Status porta u korisnički kreiranom prozoru paketa (UCPW) je *failed*.



Slika 29: Simulacija slanja UDP paketa na računalo s krivo postavljenim *gateway-om*

Na slici 30 prikazana je simulacija neuspješnog slanja jednostavnog UDP paketa u simulacijskom načinu rada u kom je krivo postavljena adresa sučelja. Paket putuje od računala Soba2-PC4 koji se nalazi u Sobi 2 pa do računala Soba4-PC3 koei se nalazi u Sobi 4 na kom je adresa sučelja fa0/3 promijenjena u fa0/7. Prilikom dolaska paketa do računala Soba4-PC3 pojavljuje se crveni X koji označava da paket nije uspješno stigao na odredište. Status porta u korisnički kreiranom prozoru paketa (*UCPW*) je *failed*.

Nadalje, prikazan je i pokušaj slanja UDP paketa popraćen slojevima OSI modela, a na svakom sloju se prikazuju različite poruke tipa STP⁴⁴. Na prvom, fizičkom sloju, prikazana je poruka: „1. FastEthernet0 prima okvir.“, a na drugom sloju, sloju podatkovne mreže, prikazane su poruke: „1. Odredišna MAC adresa okvira odgovara MAC adresi primatelja, broadcast adresi i multicast adresi.“, i „2. Uređaj nema uslugu koja prihvaća ovaj okvir. Ispušta okvir.“



Slika 30: Simulacija slanja UDP paketa na računalo s krivo postavljenom adresom sučelja

⁴⁴ STP -

Na slici 31 prikazana je simulacija neuspješnog slanja jednostavnog UDP paketa u simulacijskom načinu rada u kom je krivo postavljena veza, tj. na preklopniku Switch30 na sučelju Fa0/5 je umjesto trunk veze postavljena access veza. Paket putuje od računala Soba3-PC3 koje se nalazi u Sobi 3 pa do računala Soba2-PC2 koje se nalazi u Sobi 2. Nakon putovanja UDP paketa do svih krajnjih uređaja u mreži, vraća se na računalo Soba3-PC3 gdje se pojavljuje crveni X koji označava da paket nije uspješno stigao na odredište. Status porta u korisnički kreiranom prozoru paketa (*UCPW*) je *failed*.

Također, simulacija je popraćena slojevima OSI modela, gdje je na drugom fizičkom sloju prikazana poruka: „ 1. ARP zahtjevu je isteklo vrijeme. ARP proces ispušta emitirani paket.“

PDU Information at Device: So...

OSI Model Outbound P...

At Device: Soba3-PC3
Source: Soba3-PC3
Destination: Soba2-PC2

In Layers	Out Layers
Layer7	Layer7
Layer6	Layer6
Layer5	Layer5
Layer4	Layer4
Layer3	Layer3
Layer2	Layer2
Layer1	Layer1

1. The ARP request times out.
The ARP process drops this buffered packet.

Challenge Previous Next Layer

Simulation Panel

Event List

Vis.	Time(sec)	Last De	At Dev	Type	Info
	0.633	Switch...	Soba...	STP	
	0.633	Switch...	Soba...	STP	
	0.633	Switch...	Switc...	STP	
	0.634	Switch 0 Rout...		STP	
	2.003	--	Soba...	ICMP	

Reset Simulation ☒ Constant Delay

Play Controls

Back Auto Capture / Play

Event List Filters - Visible Events

ACL Filter, ARP, BGP, CDP, DHCP, DHCPv6, DNS, DTP, EIGRP, HSRP, HSRPv6, HTTP, HTTPS, ICMP, ICMPv6, IPsec, IS-IS, NTP, OSPF, OSPFv6, PAgP, POP3, RADIUS, RIP, RIPng, RSTP, SYSLOG, TACACS, TCP, TFTP, Telnet, UDP, VTP

Edit Filters

Back Auto Capture / Play Capture Forward

Scenario 1

New Delete

Toggle PDU List Window

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color
	Failed	Soba3-PC3	Soba2-PC2	ICMP	

Slika 31: Simulacija slanja UDP paketa na računalo s krivo postavljenom vezom

6. Postavljanje lokalne mreže u realnom okruženju

6.1. Troškovnik

Prije postavljanja lokalne mreže na nekom poduzeću potrebno je sastaviti ponudu za investitora koji uključuje troškovnik u kojem je navedeni opis potrebne aktivne i pasivne opreme, količina te trošak njihove nabave. Kvaliteta lokalne mreže ovisi o željama i financijskim mogućnostima investitora. U tablici 3 navedena je pasivna i aktivna oprema koja je korištena u postavljanju lokalne mreže u laboratorijskom primjeru.

Tablica 3: Ponuda prema troškovniku

R.br	Opis	Količina	Cijena
Pasiva			
1	Samostojeći komunikacijski ormar 19"	1	2347,00
2	Triton montažni komplet 20xM6, RAX-MO-X09-X1	1	35,50
3	Patch Panel Rack Mount 24 Port UTP Cat5e 19"	1	163,00
4	Triton aranžeri HOR, 19"/1U, RAB-VP-X13-A1, 5	1	93,00
5	Triton polica 250mm/1U/19", 15 kg nosivost	2	250,00
6	Mega patch kabel 1 m Cat5e U/UTP	3	16,56
7	Patch kabel 0,25m Cat5e UTP	19	57,00
8			
Aktiva			
1	Cisco Switch Catalyst WS-C3560-24PS-E	1	1.049,00
2	Cisco Router 2801 ISR	1	525,00
3	MikroTik hAP lite RB941-2nD-TC	1	154,00
4	Server HP Core Primary	1	4.200,00

Izvor: Autor

6.2. Realizacija LAN mreže

Cilj realizacije lokalne mreže je prikazati kako se u realnom okruženju umrežavaju krajnji uređaji na temelju izrađene topologije lokalne mreže u Cisco Packet Tracer programu (Slika 11). U nastavku rada realiziran je laboratorijski primjer umrežavanja malog do srednjeg poduzeća, u prostorijama tvrtke koja pruža usluge spajanja na Internet.

Lokalna mreža u laboratorijskom primjeru spojena je sa patch panela UTP Cat 5 kablom na PPPoE⁴⁵ port (Slika 32).



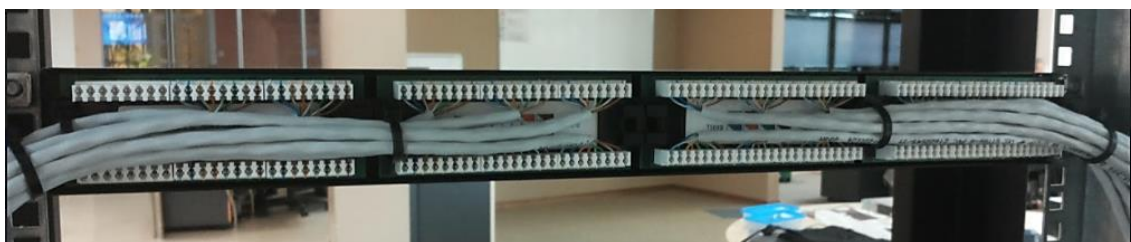
Slika 32: Spajanje usmjerivača na PPPoE.

Izvor: Autor

Zatim se sa patch panela spaja na usmjerivač (Fa0/1). PPPoE usmjerivaču pruža uslugu spajanja na Internet.

Svi krajnji uređaji koji se umrežavaju za spajanje na lokalnu mrežu, moraju biti spojeni na utičnice koje se nalaze u svakoj prostoriji, a kablovima (UTP Cat5) su provedene do patch panela u komunikacijskom ormaru. Preko patch panela korištenjem posebnih UTP Cat5e kablova, krajnji uređaji su spojeni na portove *core* preklopnika.

Na slici 33 prikazan je patch panel sa stražnje strane gdje je napravljeno tzv. „patchiranje“, aktiviranje portova na patch panelu.



Slika 33: Patchiranje patch panel

Izvor: Autor

⁴⁵ PPPoE – Point-to-Point Protocol over Ethernet – protokol koji se koristi za autorizaciju i autentifikaciju korisnika, te pomoću ovog protokola više korisnika može dijeliti pretplatničku liniju preko pristupnog uređaja pružatelja Internet usluga.

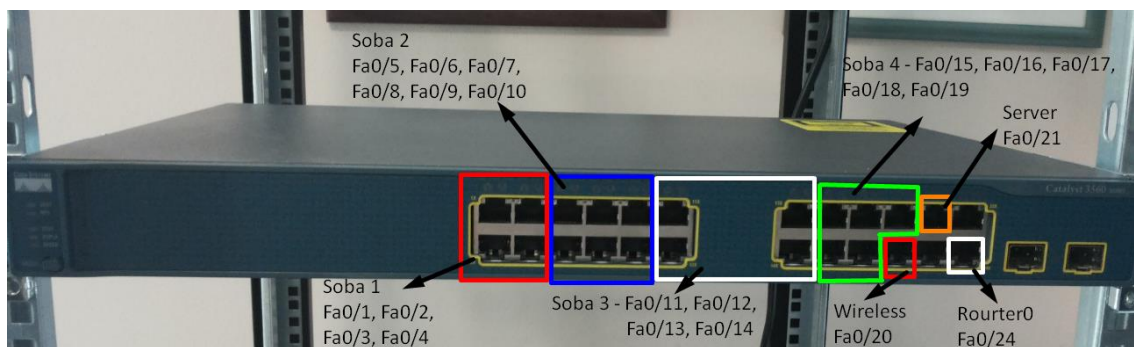
Za razliku od topologije lokalne mreže izrađene u Cisco Packet Tracer programu, u realizaciji lokalne mreže u laboratorijskom primjeru korišten je samo jedan preklopnik (*core* preklopnik), dok su preostala četiri preklopnika zamijenjena patch panelom.

Tablica 4: Prikaz korištenih portova na preklopniku

	Broj porta na preklopniku	VLAN			Broj porta na preklopniku	VLAN
Soba 1	Fa0/1	10		Soba 4	Fa0/15	40
	Fa0/2				Fa0/16	
	Fa0/3				Fa0/17	
	Fa0/4				Fa0/18	
Soba 2	Fa0/5	Fa0/19				
	Fa0/6	Access Point		Fa0/20	50	
	Fa0/7	Server		Fa0/21	200	
	Fa0/8	-		Fa0/22	-	
	Fa0/9	-		Fa0/23	-	
	Fa0/10	Router0		Fa0/24	-	
Soba 3	Fa0/11	30				
	Fa0/12					
	Fa0/13					
	Fa0/14					

Izvor: Autor

Na slici 34 prikazana je raspodjela portova na preklopniku prema tablici 4. Iskorištena su ukupno 22 porta, od čega portovi od Fa0/1 do Fa0/19 pripadaju krajnjim uređajima, port Fa0/20 pripada pristupnoj točki Access Point od koje bežični krajnji uređaji dobivaju IP adrese, port Fa0/22 pripada Serveru te port Fa0/24 koji pripada usmjerivaču Router0.

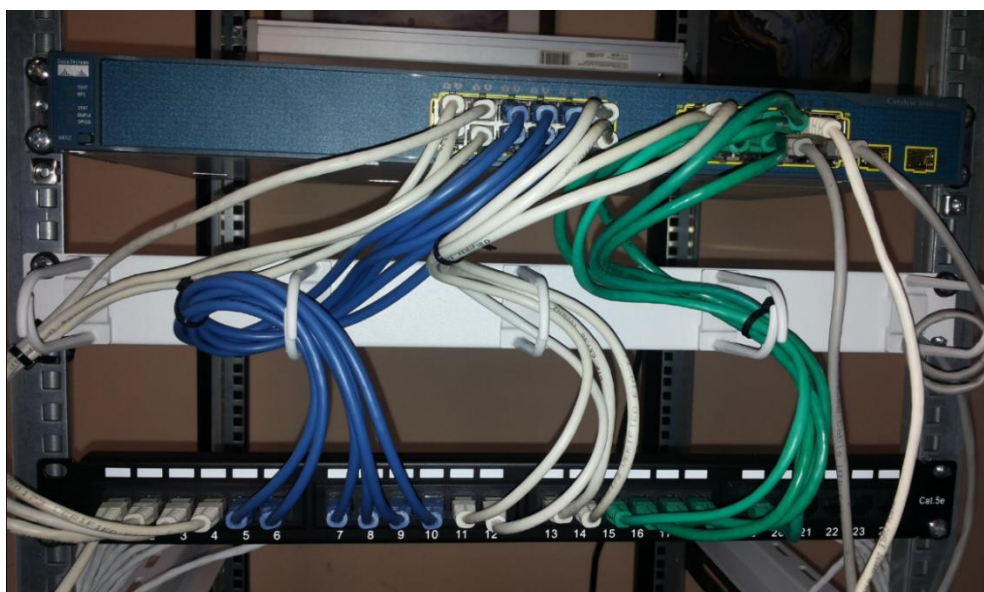


Slika 34: Raspodjela portova na preklopniku

Izvor: Autor

Core preklopnik je preko porta Fa0/24 spojen na usmjerivač na port Fa0/0, preko kojeg krajnjim uređajima dodjeljuje adrese za pristup Internetu. Na *core* preklopniku, napravljena je konfiguracija dodjeljivanja krajnjih uređaja u VLAN-ove prema topologiji koja je napravljena u Cisco Packet Tracer programu, tj. prema slici 11, te tablici 4. Između *core* preklopnika i krajnjih uređaja uspostavljena je *access* veza.

Na preklopniku sa stražnje strane nalazi se port *Console* preko kojeg se vrši konfiguracija preklopnika preko računala. Konfiguracija preklopnika objašnjena je u poglavlju 6.2.2.

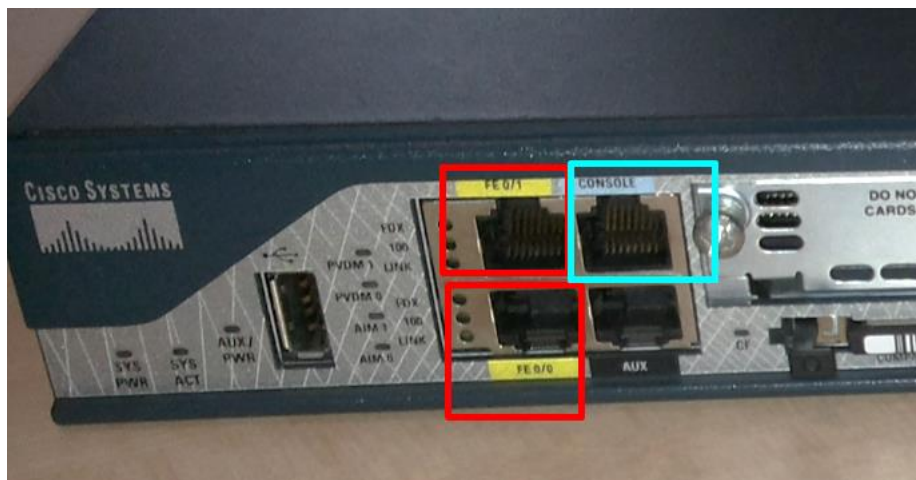


Slika 35: Spajanje sa patch panela na preklopnik

Izvor: Autor

Na slici 36 prikazani su portovi koji se nalaze na usmjerivaču. Port Fa0/1 korišten je kao konekcija između usmjerivača i PPPoE, a Port Fa0/0 kao konekcija između usmjerivača

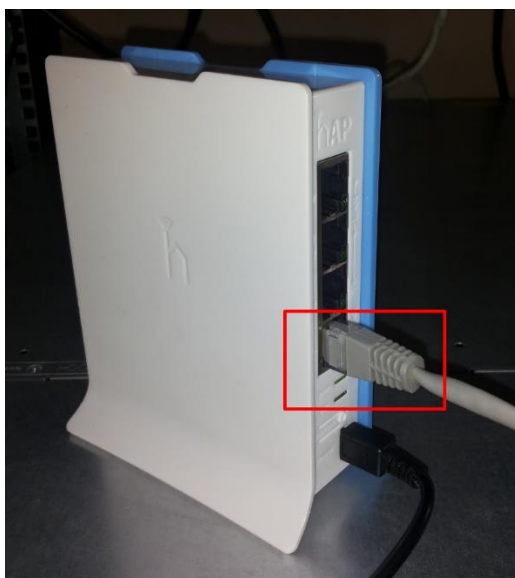
i preklopnika. Korištenjem porta *Console* omogućuje se konfiguracija usmjerivača preko računala. Konfiguracija usmjerivača objašnjena je u poglavlju 6.2.1.



Slika 36: Raspored portova na usmjerivaču

Izvor: Autor

Na slici 37 prikazan je MikroTik usmjerivač koji je u lokalnoj mreži korišten kao pristupna točka. Spojen je preko Internet porta na *core* preklopnik na port Fa0/20 te preko njega glavni usmjerivač dodjeljuje IP adrese bežičnim krajnjim uređajima. Konfiguracija MikroTik usmjerivača se nalazi u poglavlju 6.2.3.

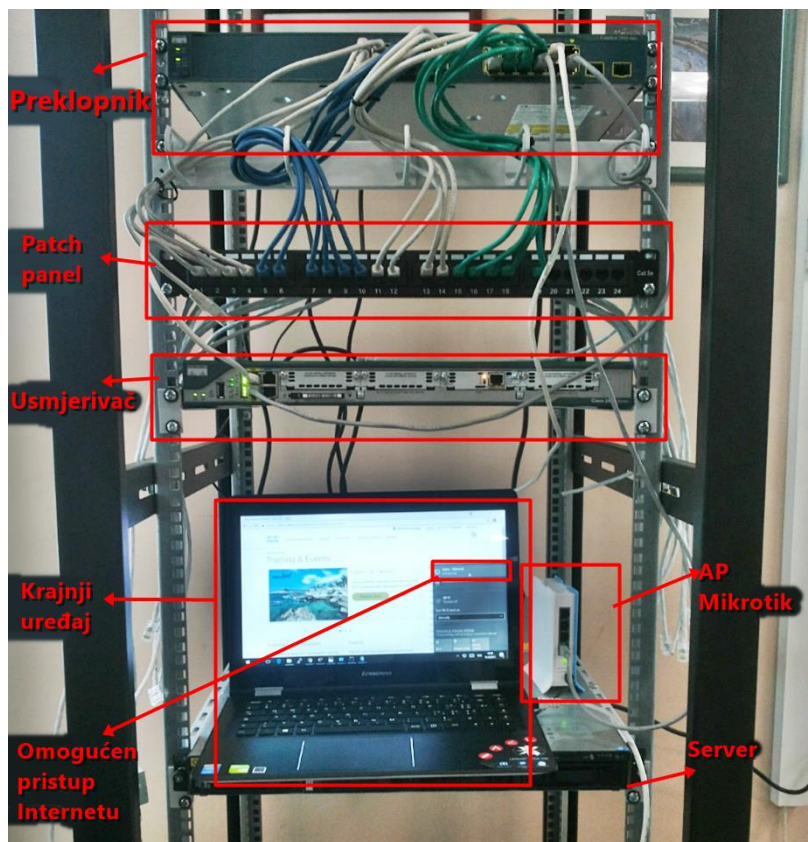


Slika 37: Prikaz portova na Mikrotik usmjerivaču

Izvor: Autor

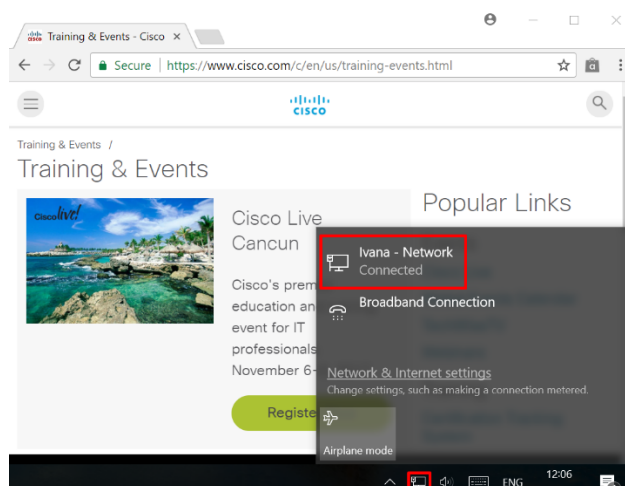
Na slici 38 prikazan je komunikacijski ormar sa spojenim mrežnim uređajima. Na krajnjem uređaju je prikazano spajanje na Internet te otvoren prozor s pregledom mrežnih

postavki na kom je prikazano da lokalna mreža ima pristup Internetu (što se može jasnije vidjeti na slici 39).



Slika 38: Laboratorijski primjer lokalne mreže

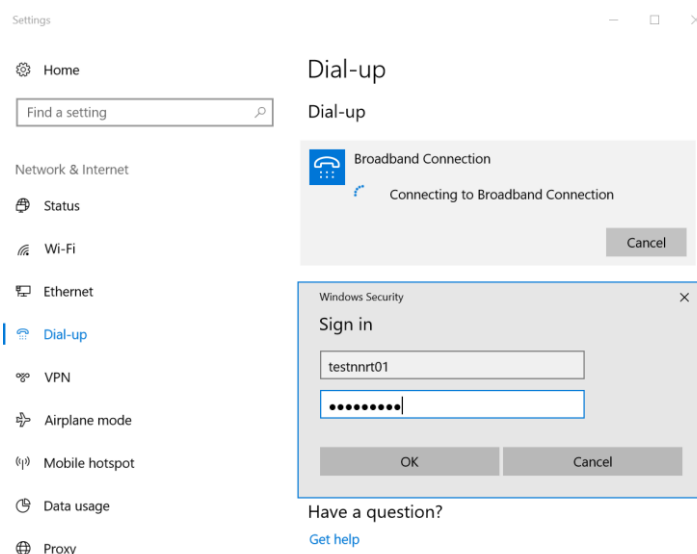
Izvor: Autor



Slika 39: Omogućen pristup Internetu

Izvor: Autor

Kako bi se krajnji uređaj uopće mogao žičano spojiti na Internet, potrebno je u mrežnim postavkama pod *Dial-up* uspostaviti širokopojasnu (engl. *broadband*) vezu sa podacima dobivenih od pružatelja Internet usluga (Slika 40).



Slika 40: Podešavanje broadband veze

Izvor: Autor

6.2.1. Konfiguracija Cisco usmjerivača

Prilikom konfiguracije Cisco usmjerivača, uređaj je potrebno spojiti konzolnim (engl. *console*) kablom s porta Console na USB port na računalu (Slika 41). S obzirom da je konzolni kabel serijski, potrebno je staviti USB RS232 adapter za spajanje na računalu.

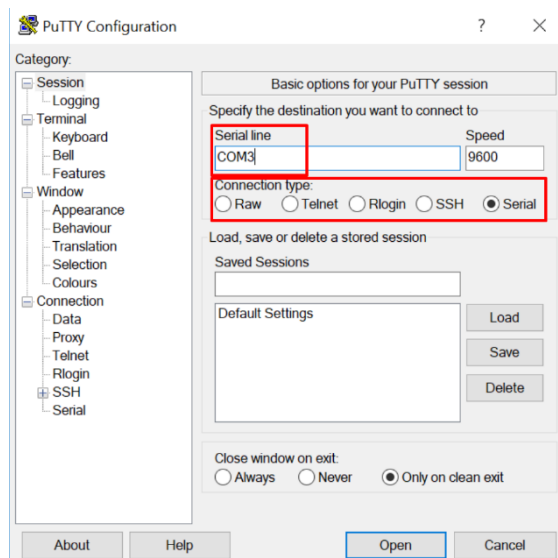


Slika 41: Spajanje konzolnog kabla na računalu

Izvor: Autor

Za konfiguraciju Cisco usmjerivača korišten je PuTTY program.

Prilikom otvaranja PuTTY programa (Slika 42), potrebno je odabrati tip konekcije – *Serial* te provjeriti na koji port na računalu je priključen (*Computer Management – Device Manager – Ports(COM)*).



Slika 42: Otvaranje PuTTY programa

Izvor: Autor

Nakon otvaranja PuTTY programa, otvara se konfiguracijski terminal usmjerivača.

Nakon ulaska u globalni način rada te preimenovanja usmjerivača, naredbom „interface FastEthernet _/_._“ uključuje se pristup sučeljima i podsučeljima. Naredbom enkapsulacije „encapsulation“ uključuju se VLANovi korišteni u lokalnoj mreži te se dodaje IP adresa *gateway-a* prema tablici 1. Naredbom „ip nat inside“ konfiguriraju se sučelja u lokalnom okruženju koja se ne mogu preusmjeriti na Internet (privatne IP adrese) te obavlja NAT prijevod za ulazni promet.

```
interface FastEthernet0/0.10

encapsulation dot1Q 10

ip address 192.168.10.1 255.255.255.0

ip nat inside
```

Sučelje Fa0/1 nema postavljenu IP adresu. Naredbom „ip nat outside“ konfigurirano je da komunicira sa Internetom, te izvršava NAT prijevod za izlazni promet. Naredbom

„pppoe enable“ omogućava se pristup PPPoE, a naredbom „pppoe-client dial-pool-number 1“ se konfigurira PPPoE klijent i određuje funkcija usmjeravanja na zahtjev.

```
interface FastEthernet0/1

no ip address

ip nat outside

duplex auto

speed auto

pppoe enable

pppoe-client dial-pool-number 1
```

„Dialer1“ sučelje je logičko sučelje povezano sa fizičkim sučeljima. Naredba „ip address negotiated“ određuje da se IP adresa za sučelje dobiva putem PPP/PCP (*IP Control Protocol*) pregovaranja o adresama. Naredba „ip mtu“ postavlja veličinu IP maksimalne transmijske vrijednosti, a 1492⁴⁶ je maksimalna vrijednost za *Ethernet*. Naredba „encapsulation ppp“ postavlja vrstu enkapsulacije na PPP za pakete podataka koji se prenose i primaju. Naredba „dialer pool 1“ određuje bazu brojčanika za povezivanje s određenom odredišnom podmrežom. Naredbom „ppp authentication chap pap callin“ postavlja se metoda provjere autentičnosti PPP-a. Kod naredbi „ppp chap hostname“, „ppp chap password“ i „ppp pap sent-username x password x“ dodjeljuju se podatci koji su dobiveni od pružatelja internet usluga.

```
interface Dialer1

ip address negotiated

ip mtu 1492

ip nat outside

encapsulation ppp
```

⁴⁶ Maksimalan MTU za Ethernet iznosi 1500, no s obzirom na to da PPPoE zahtjeva 8 bajtova za zaglavlje, MTU je potrebno smanjiti na 1492. [29]


```
dialer pool 1

ppp authentication chap pap callin

ppp chap hostname testnrt01

ppp chap password 0 novi01net

ppp pap sent-username testnrt01 password 0 novi01net
```

Naredba „ip dhcp pool“ stvara naziv za adresni *pool* DHCP poslužitelja i ulazi u način DHCP *pool* način konfiguracije. Naredbom „import all“ unose se parametri DHCP opcija u bazu podataka DHCP poslužitelja. Naredbom „network x x“ određuje se broj podmreže i maska DHCP *pool* adrese. Naredbom „dns-server x“ određuje se IP adresa DNS poslužitelja koji je dostupan DHCP klijentu. Naredbom „default-router x“ određuje IP adresu zadanog usmjerivača za DHCP klijenta.

```
ip dhcp pool DHCP-10

    import all

    network 192.168.10.0 255.255.255.0

    dns-server 46.229.247.40

    default-router 192.168.10.1
```

Naredbom „ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Dialer1“ postavlja se zadani *gateway* posljednjeg mjesta na usmjerivaču.

```
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Dialer1
```

Naredba „ip http server“ omogućuje HTTP poslužiteljima na sustavu, a naredba „ip http secure-server“ omogućuje HTTPS poslužitelj. Naredba „ip nat inside source list 100 interface Dialer1 overload“ omogućuje dinamičko prevođenje adresa na unutarnjem sučelju, te ova naredba prikazuje adrese dopuštene pristupnim popisom 100 koje treba prevesti na jednu od adresa navedenih u sučelju brojčanika Dialer1.

```
ip http server

ip http secure-server

ip nat inside source list 100 interface Dialer1 overload
```

Naredba „`access-list 100 permit ip any any`“ određuje standardni pristupni popis koji označava koje adrese trebaju prijevod.

```
access-list 100 permit ip any any
```

Cijela konfiguracija Cisco usmjerivača nalazi se u prilogu završnog rada.

6.2.2. Konfiguracija Cisco preklopnika

Prilikom konfiguracije Cisco preklopnika, mrežni uređaj je potrebno spojiti na računalo na isti način kao što je objašnjeno spajanje kod Cisco usmjerivača.

Nakon ulaska u globalni način rada te preimenovanja Cisco preklopnika, naredbom „`vlan x`“ uključuju se svi VLAN-ovi, a naredbom „`name`“ se dodaje VLAN-u naziv.

```
vlan 10  
  
name Sobal
```

Naredbom „`interface FastEthernet_/_`“ uključuje se svaki port na koji su spojeni uređaji. Na portove krajnjih i mrežnih uređaja, osim usmjerivača, se postavlja *access* veza naredbom „`switchport mode access`“ između uređaja te se naredbom „`switchport access vlan`“ dodjeljuju VLAN-ovi na svakom portu prema tablici 4.

Na portu 24 prema usmjerivaču postavljena je *trunk* veza naredbom „`switchport mode trunk`“, a naredbom „`switchport trunk allowed vlan x`“ su usmjerivaču dodaju svi VLAN-ovi koji se koriste u mreži.

```
interface FastEthernet0/1  
  
switchport access vlan 10  
  
switchport mode access  
  
interface FastEthernet0/24  
  
switchport trunk encapsulation dot1q  
  
switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40,50,200  
  
switchport mode trunk
```

Na slici 43 prikazano je koji su sve portovi u kojim VLAN-ovima. To se postiže upisom naredbe „do sh vlan“ (odnosno „do show vlan“) u globalnom načinu rada, ili „show vlan“ u privilegiranom načinu rada.

```
Switch0(config)#do sh vlan
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/22, Fa0/23, Gi0/1, Gi0/2
10	Soba1	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
20	Soba2	active	Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
			Fa0/9, Fa0/10
30	Soba3	active	Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14
40	Soba4	active	Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18
			Fa0/19
50	Wireless	active	Fa0/20
84	HA-sip	active	
85	HA-voice-trunks	active	
90	office-LAN-to-SIPmon	active	
99	MetronetSIP	active	
150	IskonSIP	active	
200	Server	active	Fa0/21

Slika 43: Prikaz VLAN-ova na Cisco preklopniku

Izvor: Autor

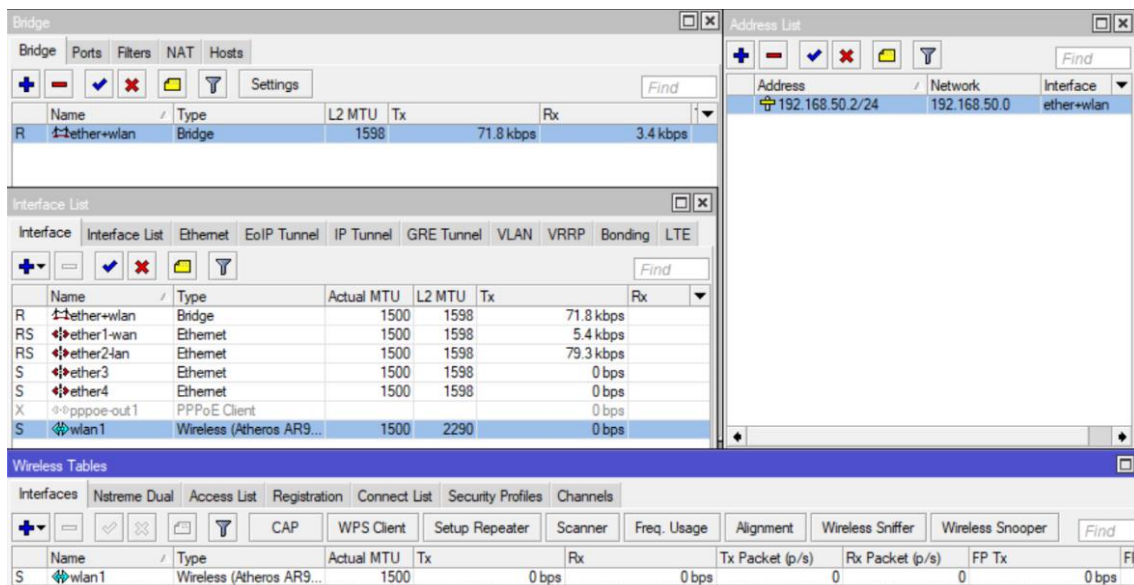
6.2.3. Konfiguracija pristupne točke

Za spajanje bežični uređaja na Internet, potrebno je postaviti pristupnu točku, za što korišten MikroTik usmjerivač. MikroTik uređaji mogu se konfigurirati na dva načina: preko web sučelja ili preko Winbox programa. U ovom Radu je za konfiguriranje MikroTik usmjerivača korišten Winbox 3.11. Da bi Winbox uopće mogli pokrenuti, potrebno je mrežnim kabelom spojiti MikroTik usmjerivač (port 1- Internet) u LAN mrežu, zatim također mrežnim kablom spojiti MikroTik (port 2 – LAN) na računalo te MikroTik spojiti u struju.

Ukoliko je sve dobro spojeno, u Winbox-u se treba pojaviti MikroTik usmjerivač, u kojeg se možemo spojiti preko IP ili MAC adrese koju možemo provjeriti na MikroTik usmjerivaču sa donje strane (kod spajanja preko MAC adrese moguće je da će se tokom konfiguracije par puta odspojiti).

Nakon spajanja na MikroTik usmjerivač, treba podesiti nekolicinu postavki (Slika 44) da bi se preko tog usmjerivača bežično mogli spojiti na Internet. U izborniku *Interface* preimenuju se sučelja (ether1 u ether1-wan, ether2 u ether2-lan) i postave u *master* sučelja, a sučelja ether3 i ether4 u *slave* sučelja. U izborniku *Bridge* se dodaje most ether+wlan. U izborniku *IP – Adresses* dodaje se statička adresa i sučelje ether+wlan. U izborniku *Wireless* dodaje se ime wlan1, način rada *ap bridge*, wireless protokol 802.11,

pod karticom WDS postavlja se *dynamic keys* i kao zadano sučelje odabire ether+wlan, te se na kraju u kartici *Security Profiles* postavlja zaštita *WPA 2 PSK*⁴⁷.



Slika 44: Konfiguracija Mikrotik AP

Izvor: Autor

6.2.4. Testiranje LAN mreže

Nakon uspješnog spajanja računala na *Bradband* vezu s podacima dobivenim od pružatelja usluga (Slika 40), u naprednim postavkama *Broadband*-a trebaju se pojaviti postavke veze kao što je prikazano na slici 45.

⚙ Broadband Connection

Connection properties

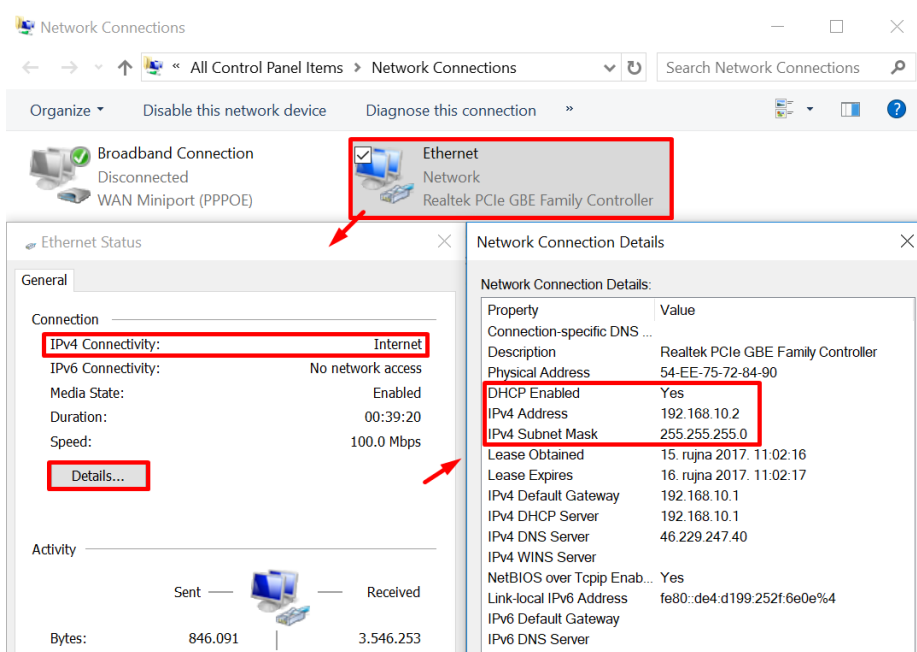
Connection name	Broadband Connection
Server name or address	
Type of sign-in info	User name and password
User name (optional)	testnnrt01
Password (optional)

Slika 45: Uspostavljena Broadband veza

Izvor: Autor

⁴⁷ WPA 2 PSK - Wi-Fi Protected Access 2 Pre-Shared Key – koristi se za autentifikaciju korisnika pomoću tajnog ključa kojeg koristi korisnik.

Nadalje, otvaranjem Mrežnih veza kao što je prikazano na slici 46 (*Control Panel - Open Network and Sharing Center – Change adapter settings – Ethernet*) provjerava se ima li IPv4 vezu na Internet, a u detaljima (*Details...*) se provjerava koja IPv4 adresa je dodijeljena uređaju, na koji način se adresa dodijelila (DHCP) te koji je *gateway* DHCP-a i adresa DNS-a.



Slika 46: Detalji dodijeljene mrežne veze

Izvor: Autor

Iste te detalje mrežne veze prikazane na slici 46 moguće je provjeriti i u *Command Promptu* upisivanjem naredbe „*ipconfig /all*“ (Slika 47).

```
Ethernet adapter Ethernet:

Connection-specific DNS Suffix . . : 
Description . . . . . : Realtek PCIe GBE Family Controller
Physical Address. . . . . : 54-EE-75-72-84-90
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::de4:d199:252f:6e0e%4(Preferred)
IPv4 Address. . . . . : 192.168.10.2(Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Obtained. . . . . : 15. rujna 2017. 11:02:16
Lease Expires . . . . . : 16. rujna 2017. 11:02:17
Default Gateway . . . . . : 192.168.10.1
DHCP Server . . . . . : 192.168.10.1
DHCPv6 IAID . . . . . : 55897717
DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-1D-A3-60-1C-54-EE-75-72-84-90
DNS Servers . . . . . : 46.229.247.40
NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled
```

Slika 47: Provjera mrežne veze u Command prompt-u

Izvor: Autor

Daljnji način provjere mrežne veze jest *pinganje*. Na slici 48 prikazano je *pinganje* Google IP adrese i adrese zadanog *gateway*-a dodijeljenog na VLAN-u 10 preko konfiguracijskog sučelja na usmjerivaču. Kao što je vidljivo na slici, stopa uspješnosti spajanja na Internet tj. *pinganja* Google IP adrese te *pinganje* zadanog *gateway*-a iznosi 100%.

```
Router0#ping 8.8.8.8
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 8.8.8.8, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/16/20 ms
Router0#
Router0#ping 192.168.10.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.10.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/4 ms
```

Slika 48: *Pinganje* Google IP adrese i zadanog gateway-a

Izvor: Autor

Na slici 49 prikazano je *pinganje* domenskih imena google.com i cisco.com.

```
C:\Users\USER>ping google.com

Pinging google.com [172.217.22.238] with 32 bytes of data:
Reply from 172.217.22.238: bytes=32 time=39ms TTL=50
Reply from 172.217.22.238: bytes=32 time=39ms TTL=50
Reply from 172.217.22.238: bytes=32 time=39ms TTL=50
Reply from 172.217.22.238: bytes=32 time=39ms TTL=50

Ping statistics for 172.217.22.238:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 39ms, Maximum = 39ms, Average = 39ms

C:\Users\USER>ping cisco.com

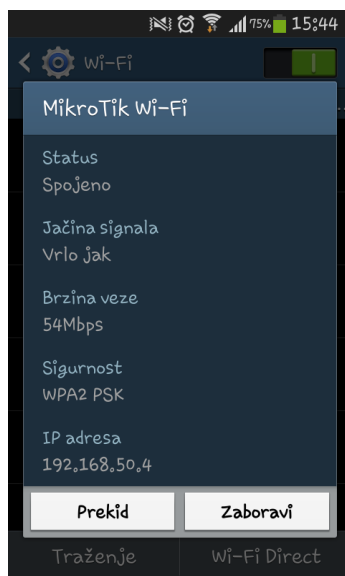
Pinging cisco.com [72.163.4.161] with 32 bytes of data:
Reply from 72.163.4.161: bytes=32 time=134ms TTL=243
Reply from 72.163.4.161: bytes=32 time=134ms TTL=243
Reply from 72.163.4.161: bytes=32 time=139ms TTL=243
Reply from 72.163.4.161: bytes=32 time=134ms TTL=243

Ping statistics for 72.163.4.161:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 134ms, Maximum = 139ms, Average = 135ms
```

Slika 49: *Pinganje* Google i Cisco

Izvor: Autor

Na slici 50 prikazano je uspješno spajanje bežičnog krajnjeg uređaja na bežičnu mrežu Mikrotik Wi-Fi gdje je vidljiv *Status* mreže, *Jačina signala*, *Brzina veze* (u Mbps), *Sigurnost* (koja vrsta zaštite je korištena) te *IP Adresa* (adresa koja je dodijeljena krajnjem uređaju).



Slika 50: Spajanje na Wi-Fi preko bežičnog krajnjeg uređaja

Izvor: Autor

7. Zaključak

U današnje vrijeme zbog velike potrebe za razmjenom i skladištenjem te lakoj i brzom dostupnosti podataka nemoguće je zamisliti neko malo ili srednje poduzeće ili djelatnost, koje nije na nekom stupnju informatizacije, a samim time i umreženo s drugim poduzećima i firmama. Standardizacijom priključaka na mrežu i mrežnim menadžmentima olakšava se priključak i propusnost mreže. Novim materijalima i sve većim tehnološkim napretkom omogućava se brz prijem podataka, konstantno priključenje na mrežu i veliki prijenos podataka u kratkoj jedinici vremena te skladištenje istih. Na taj način korisniku se omogućava učinkovita komunikacija i prijenos podataka s drugim privatnim ili poslovnim subjektima.

Osnovni cilj ovog završnog rada bio je obraditi osnove lokalnih mreža te objasniti na koji način se mala do srednja poduzeća mogu spojiti na lokalnu mrežu.

Pri realizaciji tog zadatka potrebno je poprilično znanje s područja mrežnih tehnologija budući da se korisniku ne prikazuje gdje je u konfiguraciji mrežnih uređaja nastala greška. Korištenjem Cisco Packet Tracer programa olakšava se razumijevanje logike unutar samih uređaja i načina na koji oni funkcioniraju. Korisniku se omogućuje ispitivanje i eksperimentiranje na mrežnoj opremi prije same realizacije u stvarnom okruženju na stvarnoj mrežnoj opremi.

LITERATURA

- [1] Bažant, A., Lokalne mreže, http://www.ieee.hr/_download/repository/LAN.pdf (15.02.2017.)
- [2] Računalne mreže, Lokalne mreže, <http://mapmf.pmfst.unist.hr/~lada/rm/rm-pog5.pdf> (15.02.2017.)
- [3] Deiffen, LAN vs.WAN, http://www.diffen.com/difference/LAN_vs_WAN (15.02.2017)
- [4] McFarland, L., What is Considered a Good Bandwidth for Today's Small Businesses?, <https://smallbiztrends.com/2014/09/what-is-considered-a-good-bandwidth.html> (15.02.2017.)
- [5] Hodston i sur., Local Area Networks, Reliability, <https://books.google.hr/books?id=5X3KBfVEUEoC&pg=PA229&dq=reliability+and+maintenance+of+lan+network&hl=hr&sa=X&ved=0ahUKEwjKq5SMhpbSAhVJlxoKHYytBrYQ6AEIITAB#v=onepage&q=reliability%20and%20maintenance%20of%20lan%20network&f=false> (16.02.2017.)
- [6] Mujarić, E., Prijenosni mediji, <https://sysportal.carnet.hr/node/674> (16.02.2017.)
- [7] Petenjak, N., IEEE 802, http://spvp.zesoi.fer.hr/seminari/2007/seminari/NikolaPetanjak_IEEE802.pdf (16.02.2017.)
- [8] Tanenbaum, A.S., Wetherall, D.J., Computer networks, 5. izdanje, 2011
- [9] O'Hara, B.; Petrick, A., IEEE 802.11 Handbook: A Designer's Companion, https://books.google.hr/books?id=uEc4njiIXhYC&pg=PA5&dq=the+goal+of+the+IEEE+802.11&hl=hr&sa=X&ved=0ahUKEwjWsOrX7ZnSAhUCESwKHW4_AIkQ6AEIGTAA#v=onepage&q=the%20goal%20of%20the%20IEEE%20802.11&f=false (16.02.2017.)
- [10] Beal,V., 802.11 IEEE wireless LAN standards, http://www.webopedia.com/TERM/8/802_11.html (16.02.2017.)
- [11] Sahoo, R.; Sahoo, G., Multimedia and Web Technology, Network devices, <https://books.google.hr/books?id=-1FADAAAQBAJ&pg=SA2-PA15&dq=what+is+router&hl=hr&sa=X&ved=0ahUKEwi5-ZvCr5rSAhVDPxoKHUI8A0IQ6AEIMDAD#v=onepage&q=what%20is%20router&f=false> (17.02.2017.)
- [12] Pralas, T., Računalne mreže – Pasivna i aktivna mrežna oprema, <https://sysportal.carnet.hr/node/374> (17.02.2017.)

- [13] Mujarić, E., Usmjernik, <http://mreze.layer-x.com/s010403-0.html> (17.02.2017.)
- [14] Mujarić, E., Računalne mreže - Usmjeravanje i usmjerivački protokoli, <https://sysportal.carnet.hr/node/650> (17.02.2017.)
- [15] Radić, D., Informatička abeceda, Mrežni uređaji, <http://www.informatika.buzdo.com/s922-internet-mrezni-uredjaji.htm> (17.02.2017.)
- [16] Wikispaces, Mrežni uređaji, <https://mreze.wikispaces.com/Mre%C5%BEEni+ure%C4%91aji> (17.02.2017.)
- [17] Mihaljišin, Računarske mreže, http://razno.sveznadar.info/3_4_net/Rracunarske-mreze.pdf (18.02.2017.)
- [18] Forum, Osnovni uređaji lokalne mreže, <http://www.croportal.net/forum/racunala/osnovni-uredjaji-lokalne-mreze-mreznakartica-hubovi-routeri-3295/> (18.02.2017.)
- [19] Milojković, M., Bridge, <https://mrezniuredjaji.wordpress.com/bridge/> (18.02.2017.)
- [20] Engineering360, Network Equipment Information http://www.globalspec.com/learnmore/networking_communication_equipment/networking_equipment/networking_equipment (18.02.2017.)
- [21] Servis računala Split, Mrežna kartica (NIC - Network Interface Card) <http://www.servisracunala.net/skola/mrezna.htm> (18.02.2017.)
- [22] Korać, M.; Car, D., Uvod u računalne mreže, http://umag.hr/sadrzaj/dokumenti/NATJECAJ_informaticki_referent_Uvod_u_racunalne_mreze_Visoko_uciliste_Algebra.pdf (20.02.2017.)
- [23] Fiix, Mean time to repair maintenance, <https://www.fiixsoftware.com/mean-time-to-repair-maintenance/> (28.07.2017.)
- [24] Fiix, Mean Time Between Fail, <https://www.fiixsoftware.com/mean-time-between-fail-maintenance/> (28.07.2017.)
- [25] WhatIs, Module, <http://whatis.techtarget.com/definition/module> (29.07.2017.)
- [26] Lifewire, What is an ethernet port, <https://www.lifewire.com/what-is-an-ethernet-port-817546> (29.07.2017.)
- [27] HowTo Geek, What's the Difference Between Ad-Hoc and Infrastructure Mode Wi-Fi?, Hofman, C. (2016.) , <https://www.howtogeek.com/180649/htg-explains-whats-the-difference-between-ad-hoc-and-infrastructure-mode/> (30.07.2017.)

- [28] Cisco, Troubleshooting MTU Size in PPPoE Dialin Connectivity, http://cisco.com/en/US/tech/tk175/tk15/technologies_tech_note09186a0080093bc7.shtml (21.2.2018)
- [29] Cisco, Resolve IP Fragmentation, MTU, MSS, and PMTUD Issues with GRE and IPSEC, <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/generic-routing-encapsulation-gre/25885-pmtud-ipfrag.html> (21.2.2018)

POPIS SLIKA

Slika 1: Cisco usmjerivač 2801	13
Slika 2: CISCO preklopnik Catalyst 3750 sa 48 RJ-45 porta	15
Slika 3: Mrežna kartica	17
Slika 4: STP kabel sa RJ-45 konektorom, T568B standard	19
Slika 5: Patch Cat 5e kablovi	21
Slika 6: Raspored mrežnih komponenti na radnom prostoru CPT	22
Slika 7: Odabir sučelja	24
Slika 8: Povezivanje uređaja na preklopnik	25
Slika 9: Copper Cross Over kabel	25
Slika 10: Copper Straight-Through kabel	25
Slika 11: Zvezdasta topologija lokalne mreže u CPT programu	26
Slika 12: Fizički pogled usmjerivača Router0	29
Slika 13: Konfiguracijski izbornik usmjerivača Router0	29
Slika 14: Tekstualno sučelje usmjerivača Router0	30
Slika 15: Pregled aktiviranih podsučelja u usmjerivaču Router0	32
Slika 16: Konfiguracija preklopnika Switch0	33
Slika 17: Konfiguracija preklopnika Switch10	35
Slika 18: Kreirani VLAN na preklopniku Switch10 sa aktivnim sučeljima	36
Slika 19: Desktop sučelje	36
Slika 20: Konfiguracija servera	37
Slika 21: Konfiguracija računala preko desktop sučelja	38
Slika 22: Konfiguracija računala Soba4-PC1 preko konfiguracijskog preglednika	38
Slika 23: Konfiguracija Fa0 sučelja preko konfiguracijskog preglednika	39
Slika 24: Simulacija slanja UDP paketa kroz mrežu	40
Slika 25: Uspješno slanje PDU paketa između računala Soba1-PC1 i Soba3-PC1	41
Slika 26: Pinganje računala Soba3-PC1 na računalo Soba3-PC2	42
Slika 27: Pinganje servera	42
Slika 28: Pinganje računala Soba1-PC1 sa usmjerivača Router0	43
Slika 29: Simulacija slanja UDP paketa na računalo sa krivo postavljenim gateway-om	44
Slika 30: Simulacija slanja UDP paketa na računalo sa krivo postavljenom adresom sučelja	45
Slika 31: Simulacija slanja UDP paketa na računalo sa krivo postavljenom vezom	46
Slika 32: Spajanje usmjerivača na PPPoE	48
Slika 33: Patchiran patch panel	48
Slika 34: Raspodjela portova na preklopniku	50
Slika 35: Spajanje sa patch panela na preklopnik	50
Slika 36: Raspored portova na usmjerivaču	51

Slika 37: Prikaz portova na Mikrotik usmjerivaču.....	51
Slika 38: Laboratorijski primjer lokalne mreže.....	52
Slika 39: Omogućen pristup Internetu	52
Slika 40: Podešavanje broadband veze	53
Slika 41: Spajanje konzolnog kabla na računalo.....	53
Slika 42: Otvaranje PuTTY programa	54
Slika 43: Prikaz VLAN-ova na Cisco preklopniku	58
Slika 44: Konfiguracija Mikrotik AP	59
Slika 45: Uspostavljena Broadband veza	59
Slika 46: Detalji dodijeljene mrežne veze	60
Slika 47: Provjera mrežne veze u Command prompt-u	60
Slika 48: Pinganje Google IP adrese i zadanog gateway-a	61
Slika 49: Pinganje Google i Cisco.....	61
Slika 50: Spajanje na Wi-Fi preko bežičnog krajnjeg uređaja	62

POPIS TABLICA

Tablica 1: Prikaz korištenih IP adresa i sučelja.....	27
Tablica 2: Uređaji povezani na Switch0	28
Tablica 3: Ponuda prema troškovniku.....	47
Tablica 4: Prikaz korištenih portova na preklopniku	49

PRILOZI

PRILOG 1: Konfiguracija usmjerivača Router0 u CPT programu

```

Router>enable

Router#configure terminal

Router(config)#hostname Router0

Router0(config)#interface fastEthernet 0/0.10

Router0(config-subif)#encapsulation dot1Q 10

Router0(config-subif)#ip address 192.168.10.1 255.255.255.0

Router0(config-subif)#no shutdown

Router0(config)#interface fastEthernet 0/0.20

Router0(config-subif)#encapsulation dot1Q 20

Router0(config-subif)#ip address 192.168.20.1 255.255.255.0

Router0(config-subif)#no shutdown

Router0(config)#interface fastEthernet 0/0.30

```

```
Router0(config-subif)#encapsulation dot1Q 30
Router0(config-subif)#ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
Router0(config-subif)#no shutdown
Router0(config)#interface fastEthernet 0/0.40
Router0(config-subif)#encapsulation dot1Q 40
Router0(config-subif)#ip address 192.168.40.1 255.255.255.0
Router0(config-subif)#no shutdown
Router0(config)#interface fastEthernet 0/0.50
Router0(config-subif)#encapsulation dot1Q 50
Router0(config-subif)#ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
Router0(config-subif)#no shutdown
Router0(config)#interface fastEthernet 0/0.200
Router0(config-subif)#encapsulation dot1Q 200
Router0(config-subif)#ip address 192.168.200.1 255.255.255.252
Router0(config-subif)#no shutdown
Router0(config-subif)#do write
```

PRILOG 2: Konfiguracija *core* preklopnika Switch0 u CPT programu

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch#hostname Switch0
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/1
Switch0(config-if)#switchport access vlan 10
Switch0(config-if)#switchport access vlan 200
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/2
Switch0(config-if)#switchport trunk allowed vlan
10,20,30,40,50,200
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/3
Switch0(config-if)#switchport trunk allowed vlan 10
```

```
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/4  
Switch0(config-if)#switchport trunk allowed vlan 20  
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/5  
Switch0(config-if)#switchport trunk allowed vlan 30  
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/6  
Switch0(config-if)#switchport trunk allowed vlan 40  
Switch0(config)#interface fastEthernet 0/7  
Switch0(config-if)#switchport access vlan 50  
Switch0(config)#do write
```

PRILOG 3: Konfiguracija Cisco usmjerivača

```
Router0(config)#do sh run  
Building configuration...  
Current configuration : 2779 bytes  
version 12.4  
hostname Router0  
ip dhcp excluded-address 192.168.50.1 192.168.50.50  
ip dhcp pool DHCP  
    import all  
    network 192.168.1.0 255.255.255.0  
    dns-server 46.229.247.40  
    default-router 192.168.1.1  
ip dhcp pool DHCP-10  
    import all  
    network 192.168.10.0 255.255.255.0  
    dns-server 46.229.247.40  
    default-router 192.168.10.1  
ip dhcp pool DHCP-20  
    import all  
    network 192.168.20.0 255.255.255.0  
    dns-server 46.229.247.40  
    default-router 192.168.20.1  
ip dhcp pool DHCP-30  
    import all
```

```
network 192.168.30.0 255.255.255.0
dns-server 46.229.247.40
default-router 192.168.30.1
ip dhcp pool DHCP-40
import all
network 192.168.40.0 255.255.255.0
dns-server 46.229.247.40
default-router 192.168.40.1
ip dhcp pool DHCP-50
import all
network 192.168.50.0 255.255.255.0
dns-server 46.229.247.40
default-router 192.168.50.1
vpdn enable
interface FastEthernet0/0
no ip address
ip nat inside
duplex auto
speed auto
interface FastEthernet0/0.10
encapsulation dot1Q 10
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
ip nat inside
no snmp trap link-status
interface FastEthernet0/0.20
encapsulation dot1Q 20
ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
ip nat inside
no snmp trap link-status
interface FastEthernet0/0.30
encapsulation dot1Q 30
ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
ip nat inside
no snmp trap link-status
interface FastEthernet0/0.40
encapsulation dot1Q 40
```

```
ip address 192.168.40.1 255.255.255.0
ip nat inside
no snmp trap link-status
interface FastEthernet0/0.50
encapsulation dot1Q 50
ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
ip nat inside
no snmp trap link-status
interface FastEthernet0/0.200
encapsulation dot1Q 200
ip address 192.168.200.1 255.255.255.252
ip nat inside
no snmp trap link-status
interface FastEthernet0/1
no ip address
ip nat outside
duplex auto
speed auto
pppoe enable
pppoe-client dial-pool-number 1
interface Dialer1
ip address negotiated
ip mtu 1492
ip nat outside
encapsulation ppp
dialer pool 1
ppp authentication chap pap callin
ppp chap hostname testnnrt01
ppp chap password 0 novi01net
ppp pap sent-username testnnrt01 password 0 novi01net
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Dialer1
ip http server
ip http secure-server
ip nat inside source list 100 interface Dialer1 overload
access-list 100 permit ip any any
disable-eadi
```



```
scheduler allocate 20000 1000  
end
```

PRILOG 4: Konfiguracija Cisco preklopnika

```
Switch0(config)#do sh run  
Building configuration...  
Current configuration : 2965 bytes  
version 12.2  
hostname Switch0  
spanning-tree mode pvst  
spanning-tree extend system-id  
vlan 10  
    name Soba1  
vlan 20  
    name Soba2  
vlan 30  
    name Soba3  
vlan 40  
    name Soba4  
vlan 50  
    name Wireless  
vlan 200  
    name Server  
interface FastEthernet0/1  
    switchport access vlan 10  
    switchport mode access  
interface FastEthernet0/2  
    switchport access vlan 10  
    switchport mode access  
interface FastEthernet0/3  
    switchport access vlan 10  
    switchport mode access  
interface FastEthernet0/4  
    switchport access vlan 10  
    switchport mode access  
interface FastEthernet0/5
```

```
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/6
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/7
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/8
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/9
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/10
switchport access vlan 20
switchport mode access
interface FastEthernet0/11
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/12
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/13
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/14
switchport access vlan 30
switchport mode access
interface FastEthernet0/15
switchport access vlan 40
switchport mode access
interface FastEthernet0/16
switchport access vlan 40
switchport mode access
interface FastEthernet0/17
```

```
switchport access vlan 40
switchport mode access
interface FastEthernet0/18
switchport access vlan 40
switchport mode access
interface FastEthernet0/19
switchport access vlan 40
switchport mode access
interface FastEthernet0/20
switchport access vlan 50
switchport mode access
interface FastEthernet0/21
switchport access vlan 200
switchport mode access
interface FastEthernet0/24
switchport trunk encapsulation dot1q
switchport trunk allowed vlan 10,20,30,40,50,200
switchport mode trunk
line con 0
password cisco
logging synchronous
login
end
```